



**HAL**  
open science

# Les facteurs de risque associés aux complications observées sur les fractures du tibia traitées chirurgicalement chez le chat et le chien : Étude rétrospective sur 55 cas : 29 chiens et 26 chats

Camille Laroche

## ► To cite this version:

Camille Laroche. Les facteurs de risque associés aux complications observées sur les fractures du tibia traitées chirurgicalement chez le chat et le chien : Étude rétrospective sur 55 cas : 29 chiens et 26 chats. Médecine vétérinaire et santé animale. 2022. dumas-03979127

**HAL Id: dumas-03979127**

**<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-03979127v1>**

Submitted on 8 Feb 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Année 2022

**LES FACTEURS DE RISQUE ASSOCIÉS AUX  
COMPLICATIONS OBSERVÉES SUR LES FRACTURES DU  
TIBIA TRAITÉES CHIRURGICALEMENT CHEZ LE CHIEN ET  
LE CHAT. ÉTUDE RÉTROSPECTIVE SUR 55 CAS : 29  
CHIENS ET 26 CHATS**

**THÈSE**

pour obtenir le diplôme d'État de

**DOCTEUR VÉTÉRINAIRE**

présentée et soutenue publiquement devant

la Faculté de Médecine de Créteil (UPEC)

le 12 octobre 2022

par

**Camille, Isabelle, Claudette LAROCHE**

sous la direction de

**Véronique VIATEAU-DUVAL**

**JURY**

<b>Président du jury :</b>	<b>M. Mathieu MANASSERO</b>	Professeur à l'EnvA
<b>Directrice de thèse :</b>	<b>Mme Véronique VIATEAU-DUVAL</b>	Professeur à l'EnvA
<b>Examineur :</b>	<b>M. Dominique GRANDJEAN</b>	Professeur à l'EnvA





Liste des enseignants intervenant dans l'encadrement des thèses de Doctorat vétérinaire



Version du 8 février 2022

Liste des Professeurs et Maîtres de conférences titulaires de l'HDR

M	Adjou	Karim	Professeur	DPASP
M	Audigié	Fabrice	Professeur	DEPEC
M	Bellier	Sylvain	Professeur	DSBP
M	Blaga	Radu	Maître de conférences HDR	DPASP
M	Blot	Stephane	Professeur	DEPEC
M	Boulouis	Henri-Jean	Professeur émérite	DSBP
Mme	Chahory	Sabine	Professeur	DEPEC
M	Chateau	Henry	Professeur	DSBP
Mme	Chetboul	Valerie	Professeur	DEPEC
Mme	Crevier-Denoix	Nathalie	Professeur	DSBP
M	Degueurce	Christophe	Professeur	DSBP
M	Denoix	Jean-Marie	Professeur	DEPEC
M	Desquilbet	Loïc	Professeur	DSBP
Mme	Dufour	Barbara	Professeur émérite	DPASP
M	Eloit	Marc	Professeur	DSBP
M	Fayolle	Pascal	Professeur émérite	DEPEC
M	Fédérighi	Michel	Professeur	DPASP
M	Fontbonne	Alain	Professeur	DEPEC
Mme	Gilbert	Caroline	Professeur	DSBP
M	Grandjean	Dominique	Professeur	DEPEC
Mme	Grimard-Ballif	Bénédicte	Professeur	DPASP
Mme	Haddad-Hoang Xuan	Nadia	Professeur	DPASP
M	Jouvion	Gregory	Professeur	DSBP
M	Kohlhauer	Matthias	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Le Poder	Sophie	Professeur	DSBP
M	Manassero	Mathieu	Professeur	DEPEC
Mme	Maurey-Guénec	Christelle	Maître de conférences HDR	DEPEC
M	Millemann	Yves	Professeur	DPASP
M	Perrot	Sébastien	Maître de conférences HDR	DSBP
Mme	Pilot-Storck	Fanny	Professeur	DSBP
M	Ponter	Andrew	Professeur	DPASP
Mme	Rivière	Julie	Maître de conférences HDR	DPASP
Mme	Robert	Céline	Professeur	DSBP
M	Tiret	Laurent	Professeur	DSBP
M	Tissier	Renaud	Professeur	DSBP
M	Verwaerde	Patrick	Professeur	DEPEC
Mme	Viateau	Véronique	Professeur	DEPEC

Liste des Maîtres de conférences et Ingénieurs de recherche DMV

M	Arné	Pascal	Maître de conférences	DPASP
Mme	Barassin	Isabelle	Maître de conférences	DPASP
Mme	Benchekroun	Ghita	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Bertoni	Lelia	Maître de conférences	DEPEC
M	Bolnot	Francois	Maître de conférences	DPASP
Mme	Canonne-Guibert	Morgane	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Chevallier	Lucie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Cochet-Faivre	Noëlle	Maître de conférences	DEPEC
Mme	Constant	Fabienne	Maître de conférences	DPASP
Mme	Cordonnier-Lefort	Nathalie	Maître de conférences	DSBP
Mme	Crepeaux	Guillemette	Maître de conférences	DSBP
Mme	De Paula Reis	Alline	Maître de conférences	DPASP
Mme	Decambroun	Adeline	Maître de conférences	DEPEC
M	Delsart	Maxime	Maître de conférences associé	DPASP
M	Desbois	Christophe	Maître de conférences	DEPEC
M	Deshuillers	Pierre	Maître de conférences	DSBP
M	Gauthier	Michel	Maître de conférences associé	DPASP
Mme	Guélin-Poirier	Valentine	Maître de conférences	DPASP
Mme	Jacquet	Sandrine	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
Mme	Lagrée	Anne-Claire	Maître de conférences	DSBP
Mme	Le Roux	Delphine	Maître de conférences	DSBP
Mme	Legrand	Chantal	Maître de conférences associé	DSBP
Mme	Marignac	Genevieve	Maître de conférences	DSBP
M	Maufré	Vincent	Maître de conférences	DPASP
Mme	Mtimet	Narjès	Maître de conférences	DPASP
Mme	Mespouilhès-Rivière	Céline	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Mortier	Jérémy	Maître de conférences associé	DEPEC
M	Nudelmann	Nicolas	Maître de conférences	DEPEC
M	Pignon	Charly	Ingénieur de recherche (DMV)	DEPEC
M	Polack	Bruno	Maître de conférences	DSBP
Mme	Ravary-Plumioën	Bérandgère	Maître de conférences	DPASP
M	Reyes-Gomez	Edouard	Maître de conférences	DSBP
Mme	Risco-Castillo	Véronica	Maître de conférences	DSBP
Mme	Rose	Hélène	Maître de conférences associé	DSBP

## Remerciements

À M Manassero, Président du Jury de cette thèse, Professeur à l'EnvA,

Pour me faire l'honneur de présider le Jury de cette thèse, pour votre disponibilité et vos conseils.  
Sincères remerciements.

À Mme Viateau, Professeur à l'EnvA,

Pour avoir accepté de reprendre la direction de cette thèse, pour votre patience, votre implication et vos relectures attentives et rapides.  
Sincères remerciements.

À M Grandjean, Professeur à l'EnvA,

Pour avoir accepté le rôle d'examineur.  
Sincères remerciements.

À mes parents, à Julie, Baptiste et Mathieu,

Pour leur patience, leur compréhension et tout leur amour. Pour me connaître mieux que je ne me connais moi-même. Pour avoir toujours cru en moi et me supporter tous les jours. Je vous aime.

À mes grands-parents,

Pour leur écoute et leurs conseils. Pour ces superbes moments en famille. Pour leur soutien et leur amour depuis toujours.

À mes amis alforiens et non alforiens,

Pour leur soutien inébranlable. Pour me comprendre parfois mieux que je ne le fais moi-même. Pour réussir à me faire passer des pleurs aux rires. Pour tous les bons moments passés ensemble et pour tous ceux à venir.

À Fripouille, Ipop, Pearl et Only,

Pour rendre ma vie plus belle.

# Table des matières

Liste des figures.....	3
Liste des tableaux.....	8
Liste des abréviations.....	10
Introduction.....	11
<b>Première partie : bibliographie.....</b>	<b>13</b>
1. Épidémiologie de la fracture tibiale chez le chien et le chat.....	13
A. <i>Incidence et contexte de survenue de la fracture tibiale chez le chien et le chat</i> .....	13
a. Incidence des fractures tibiales chez le chien et le chat.....	13
b. Étiologie des fractures tibiales.....	13
B. <i>Caractéristiques des fractures tibiales chez le chien et le chat</i> .....	14
C. <i>Importance des complications associées aux fractures tibiales chez le chien et le chat</i> .....	15
2. Particularités de la fracture du tibia.....	15
A. <i>Anatomie topographique de la jambe</i> .....	15
a. Ostéologie.....	15
b. Myologie.....	15
c. Innervation.....	16
d. Vascularisation.....	16
B. <i>Étude générale des fractures tibiales</i> .....	18
C. <i>Traitements utilisés sur les fractures du tibia</i> .....	19
a. Présentation des différents matériels d'ostéosynthèse et complications associées à leur utilisation.....	19
b. Facteurs de décision du matériel d'ostéosynthèse.....	22
3. Complications des fractures.....	23
A. <i>La cicatrisation osseuse</i> .....	23
a. Nécessité d'un contexte biomécanique et biologique favorable.....	23
b. Éléments radiographiques permettant d'objectiver la cicatrisation osseuse.....	25
c. Délais de cicatrisation osseuse habituels.....	25
d. Éléments ayant un impact négatif ou positif sur cela cicatrisation osseuse.....	25
B. <i>Complications à court terme</i> .....	27
a. L'ostéomyélite aigüe.....	27
b. La déhiscence de plaie et les infections des tissus mous.....	27
c. Le syndrome des loges.....	28
C. <i>Complications à moyen et long terme</i> .....	28
a. Le cal vicieux ou la mal-union.....	29
b. Le retard de cicatrisation osseuse.....	29
c. La pseudarthrose ou non union.....	29
d. L'ostéomyélite chronique.....	29
e. La faillite d'implant ou débricolage de montage.....	30
f. Une nouvelle fracture ou des traits de refend.....	30
4. Enjeux de notre étude.....	31
<b>Deuxième partie : étude expérimentale.....</b>	<b>33</b>
1. Matériel et méthode.....	33
A. <i>Animaux</i> .....	33
a. Critères d'inclusion.....	33
b. Critères d'exclusion.....	33
c. Données récoltées à propos de l'animal.....	33
B. <i>Analyse statistique</i> .....	37
2. Présentation des résultats.....	39
A. <i>Données épidémiologiques</i> .....	39
a. Les animaux.....	39
b. 2.1.2) Le mode de survenue de la fracture.....	40

<i>Trente-quatre pourcent des fractures chez les chiens faisaient suite à un traumatisme important contre 69% chez les chats (en majorité des chats parachutistes).</i>	40
<i>B. Données cliniques pré-opératoires</i>	41
a. Prise en charge	41
b. Caractère ouvert ou fermé des fractures	41
<i>C. Données radiographiques pré-opératoires</i>	42
a. Localisation, morphologie et orientation des fractures	42
b. Comminution des fractures et déplacements relatifs des bouts fracturaires	43
c. Classification de l'AOVet	44
<i>D. Prise en charge chirurgicale</i>	44
a. Technique d'ostéosynthèse	44
b. Qualité de la réduction	45
c. Présence ou non d'un enseignant chercheur	45
d. Anesthésie	46
<i>E. Prise en charge du post opératoire-immédiat</i>	46
a. Analgésie post-opératoire	46
b. Temps de respect du repos strict	46
<i>F. Évolution post-opératoire</i>	47
a. Délais de reprise d'appui	47
b. Délais de mise en place du cal osseux	48
c. Délais de consolidation osseuse	51
d. Évolution de la boiterie	53
e. Complications	56
<b>3. Discussion</b>	61
<i>A. Originalité de l'étude</i>	61
<i>B. La cicatrisation osseuse</i>	61
a. Délais de mise en place du cal osseux et de consolidation de la fracture	61
b. Influence de l'âge de l'animal	62
c. Influence du caractère ouvert ou fermé de la fracture	63
d. Influence de la stabilité	63
e. Influence de l'expérience du chirurgien	63
f. Influence du temps de mise au repos du membre après la chirurgie	64
<i>C. La récupération fonctionnelle : reprise d'appui et évolution du grade de boiterie</i>	64
a. Observations	64
b. Explication de la persistance d'une boiterie après cicatrisation osseuse complète	65
c. Facteurs influençant la reprise d'appui ou le grade de la boiterie	66
<i>D. Les complications rencontrées</i>	67
a. Vue d'ensemble	67
b. Les facteurs favorisant	68
<i>E. Limites et perspectives de l'étude</i>	70
<b>Conclusion</b>	73
<b>Liste des références bibliographiques</b>	77
<b>Annexe 1 : classification de l'AOVet</b>	81
<b>Annexe 2 : Données sur les chats</b>	82
<b>Annexe 3 : Données sur les chiens</b>	87
<b>Annexe 4 : Radiographies des chats</b>	92
<b>Annexe 5 : Radiographies des chiens</b>	100
<b>Annexe 6 : Résultats des tests statistiques réalisés</b>	110
<b>Annexe 7 : Tests statistiques significatifs</b>	118
<b>Annexe 8 : Graphiques des tests statistiques chez les chats</b>	120
<b>Annexe 9 : Graphiques des tests statistiques chez les chiens</b>	132

# Liste des figures

---

Figure 1: Myologie des compartiments crâniens (loge tibiale crâniale et loge fibulaire) de la jambe du chien (d'après Barone 1980). .....	16
Figure 2: Myologie des compartiments caudaux (loge surale et loge tibiale caudale) de la jambe du chien d'après Barone 1980. ....	16
Figure 3: Vascularisation artérielle de la jambe du chien d'après Barone 1996. ....	17
Figure 4: Anatomie d'un os long d'après Cours Véronique Viateau- ENVA- 2020.....	36
Figure 5: Graphique représentant la répartition des chats de l'étude en fonction de leur âge (en mois) et de leur statut reproducteur .....	39
Figure 6: Graphique représentant la répartition des chiens de l'étude en fonction de leur race.....	39
Figure 7: Graphique représentant la répartition des chiens en fonction de leur âge (en mois) et de leur statut reproducteur .....	40
Figure 8: Graphique représentant la répartition des chiens de l'étude en fonction de l'intensité du traumatisme à l'origine de la fracture .....	40
Figure 9: Graphique représentant la répartition des chats de l'étude en fonction de l'intensité du traumatisme à l'origine de la fracture .....	40
Figure 10: Graphique représentant le délai de prise en charge chirurgicale après le traumatisme à l'origine de la fracture tibiale en fonction du circuit de prise en charge chez les chats. ....	41
Figure 11: Graphique représentant le délai de prise en charge chirurgicale après le traumatisme à l'origine de la fracture tibiale en fonction du circuit de prise en charge chez les chiens. ....	41
Figure 12: Graphique représentant la répartition des fractures ouvertes et fermées chez les chats en fonction de l'intensité du traumatisme à leur origine. ....	41
Figure 13: Graphique représentant la répartition des fractures ouvertes et fermées chez les chiens en fonction de l'intensité du traumatisme à leur origine. ....	41
Figure 14: Histogramme présentant l'influence de l'intensité du traumatisme à l'origine de la fracture tibiale sur le caractère ouvert ou fermé de cette fracture chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher). ....	42
Figure 15: Graphique représentant la répartition des fractures par localisation sur l'os, morphologie et orientation chez les chats.....	42
Figure 16: Graphique représentant la répartition des fractures par localisation sur l'os, morphologie et orientation chez les chiens.....	42
Figure 17: Histogramme présentant l'influence de l'intensité du traumatisme à l'origine de la fracture tibiale sur la morphologie de cette fracture chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher). ....	43

Figure 18: Graphique représentant la répartition des fractures en fonction de leur comminution et du déplacement des bouts fracturaires chez les chats. ....	43
Figure 19: Graphique représentant la répartition des fractures en fonction de leur comminution et du déplacement des bouts fracturaires chez les chiens.....	43
Figure 20: Histogramme présentant l'influence de l'intensité du traumatisme à l'origine de la fracture tibiale sur le déplacement relatif des bouts fracturaires chez les chats de l'étude et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher). ....	44
Figure 21: Histogramme présentant l'influence de l'intensité du traumatisme à l'origine de la fracture tibiale sur la comminution de cette dernière chez les chats de l'étude et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher). ....	44
Figure 22: Graphique représentant la répartition des fractures des chats selon la classification AOVet. ....	44
Figure 23: Graphique représentant la répartition des fractures des chiens selon la classification AOVet. ....	44
Figure 24: Graphique représentant la répartition des chats en fonction de la technique d'ostéosynthèse utilisée. ....	45
Figure 25: Graphique représentant la répartition des chiens en fonction de la technique d'ostéosynthèse. ....	45
Figure 26: Graphique représentant la répartition des chats en fonction de la qualité de la réduction chirurgicale de leur fracture.....	45
Figure 27: Graphique représentant la répartition des chiens en fonction de la qualité de la réduction chirurgicale de leur fracture.....	45
Figure 28: Graphique représentant la répartition des chats en fonction des épisodes d'hypotension per-anesthésiques. ....	46
Figure 29: Graphique représentant la répartition des chiens en fonction des épisodes d'hypotension per-anesthésiques. ....	46
Figure 30: Graphique représentant la répartition des chats en fonction du temps de repos strict en post-chirurgical qu'ils ont respecté.....	46
Figure 31: Graphique représentant la répartition des chiens en fonction du temps de repos strict en post-chirurgical qu'ils ont respecté.....	46
Figure 32: Graphique représentant la répartition des chiens et des chats en fonction de leur délai de reprise d'appui après la chirurgie. ....	47
Figure 33: Graphique représentant la répartition des chats en fonction de leur délai de reprise d'appui après la chirurgie.....	47
Figure 34: Graphique représentant la répartition des chats en fonction de leur délai de reprise d'appui après la chirurgie.....	47
Figure 35: Histogramme présentant la répartition des chiens de l'étude en fonction du délai de leur reprise d'appui en post-chirurgical et de leur âge (test de Mann-Whitney).....	47

Figure 36: Graphique représentant la répartition des chats et des chiens en fonction du délai d'apparition des premiers signes radiographiques de mise en place du cal osseux après réduction chirurgicale de la fracture. ....	48
Figure 37: Histogramme présentant l'influence du caractère ouvert ou fermé de la fracture sur le délai de mise en place du cal osseux en semaines chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test de Mann Whitney). ....	48
Figure 38: Histogramme présentant l'influence de la présence d'un enseignant chercheur pendant la chirurgie sur le délai de mise en place du cal osseux en semaines chez les chats de l'étude, et généré par le test statistique associé (test de Student).....	49
Figure 39: Histogramme présentant la répartition des chiens en fonction du délai de mise en place du cal osseux après la chirurgie et de leur âge (test de Mann-Whitney). ....	49
Figure 40: Histogramme présentant la répartition des chiens de l'étude en fonction du temps de repos strict respecté en post-opératoire et du délai de mise en place du cal osseux chez ces chiens, et généré par le test statistique associé (test de Mann-Whitney). ....	49
Figure 41: Graphique représentant la répartition des chats et des chiens en fonction du délai de cicatrisation osseuse après réduction chirurgicale de la fracture. ....	51
Figure 42: Histogramme présentant l'influence du caractère ouvert ou fermé de la fracture tibiale sur le délai de cicatrisation osseuse complète chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test de Mann-Whitney). ....	51
Figure 43: Histogramme présentant l'influence de la morphologie de la fracture tibiale sur le délai de cicatrisation osseuse complète chez les chats de l'étude, et généré par le test statistique associé (test de Mann-Whitney). ....	52
Figure 44: Histogramme présentant la répartition des chiens en fonction du délai de cicatrisation osseuse complète après la chirurgie et de leur âge (test de Mann-Whitney). ....	52
Figure 45: Histogramme présentant l'influence de la qualité de la réduction de la fracture tibiale sur le délai de cicatrisation osseuse complète chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test de Mann-Whitney). ....	52
Figure 46: Graphique représentant la répartition des chats et des chiens en fonction du grade de leur boiterie à 1 mois post-opératoire. ....	53
Figure 47: Histogramme présentant l'influence de la présence ou non d'un cal osseux sur le score de boiterie à un mois post-opératoire chez les chats de l'étude, et généré par le test statistique associé (test de Mann-Whitney). ....	53
Figure 48: Histogramme présentant l'influence de la localisation de la fracture sur l'os tibial sur le grade de la boiterie du membre concerné à un mois post-opératoire chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test de Mann-Whitney). ....	54
Figure 49: Graphique représentant la répartition des chats et des chiens en fonction du grade de leur boiterie après cicatrisation osseuse complète. ....	54
Figure 50: Histogramme présentant la répartition des chiens de l'étude en fonction du temps de repos strict respecté en post-opératoire et de la persistance d'une boiterie chronique après cicatrisation osseuse complète chez ces chiens, et généré par le test statique associé (test de Student). ....	55



Figure 51: Graphique représentant la boiterie après cicatrisation osseuse complète en fonction de la boiterie à 1 mois post-opératoire chez les chats. ....	55
Figure 52: Graphique représentant la boiterie après cicatrisation osseuse complète en fonction de la boiterie à 1 mois post-opératoire chez les chiens. ....	55
Figure 53: Graphique représentant les complications concernant les tissus mous, le matériel d'ostéosynthèse, le fût osseux et les ostéomyélites chez les chats de l'étude. ....	56
Figure 54: Graphique représentant les complications concernant les tissus mous, le matériel d'ostéosynthèse, le fût osseux et les ostéomyélites chez les chiens de l'étude. ....	56
Figure 55: Histogramme présentant l'influence du caractère ouvert ou fermé de la fracture sur la survenue ou non de complications en post-opératoire chez les chats de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher). ....	57
Figure 56: Histogramme présentant l'influence du caractère ouvert ou fermé de la fracture sur la survenue ou non de complications en post-opératoire chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher). ....	57
Figure 57: Histogramme présentant l'influence de la localisation de la fracture sur l'os tibial sur la survenue ou non d'un débricolage du montage d'ostéosynthèse en post-opératoire chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher).....	57
Figure 58: Histogramme présentant l'influence de la localisation de la fracture sur l'os tibial, sur la survenue d'une ostéomyélite en post-opératoire chez les chats de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher). ....	58
Figure 59: Histogramme présentant l'influence de la localisation de la fracture sur l'os tibial sur la survenue ou non d'une ostéomyélite en post-opératoire chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher). ....	58
Figure 60: Histogramme présentant l'influence de l'orientation de la fracture sur l'os tibial sur la survenue ou non d'une ostéomyélite en post-opératoire, et généré par le test statistique associé (test du Chi2). 59	59
Figure 61: Histogramme présentant l'orientation de la fracture tibiale en fonction de l'apparition ou non d'un débricolage du montage d'ostéosynthèse en post-opératoire chez les chats de l'étude, et généré par le test statistique associé (test du Chi2).....	59
Figure 62: Histogramme présentant l'influence de l'importance du déplacement relatif des bouts fracturaires de la fracture tibiale sur la survenue ou non de complications relatives au fût osseux telles qu'une pseudarthrose, une déformation ou désaxation ou une nouvelle fracture, en post-opératoire, chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test du Chi2).....	59
Figure 63: Histogramme présentant la répartition des chiens en fonction de l'existence ou non d'épisodes d'hypotension en per-anesthésique, en fonction de l'apparition ou non d'un débricolage du montage d'ostéosynthèse en post-opératoire chez les chats de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher).....	60
Figure 64: Classification adoptée par l'AO Vet (association d'orthopédie vétérinaire) développée pour permettre de coder les fractures sous forme alphanumérique (d'après Donald L. Piermattei et al., 2009). ....	81

Figure 65: Type et complexité des fractures selon la classification adoptée par l'AO Vet (d'après Donald L. Piermattei et al., 2009). .....81

# Liste des tableaux

---

Tableau 1: Durée de consolidation osseuse moyenne pour une fracture sur un os long en fonction de l'âge de l'animal et du matériel d'ostéosynthèse utilisé (d'après Donald L. Piermattei et al, 2009). .....	25
Tableau 2: Tableau regroupant les données épidémiologiques récoltées chez les chats inclus dans l'étude.....	82
Tableau 3: Tableau regroupant les données biologiques récoltées chez les chats inclus dans l'étude. ....	82
Tableau 4: Tableau regroupant les données cliniques préopératoires récoltées chez les chats inclus dans l'étude.....	83
Tableau 5: Tableau regroupant les données radiographiques préopératoires récoltées chez les chats inclus dans l'étude.....	84
Tableau 6: Tableau regroupant les données per-opératoires récoltées chez les chats inclus dans l'étude. ....	85
Tableau 7: Tableau regroupant les données cliniques post-opératoires récoltées chez les chats inclus dans l'étude. ....	85
Tableau 8: Tableau regroupant les données radiographiques post-opératoires récoltées chez les chats inclus dans l'étude.....	86
Tableau 9: Tableau regroupant les données épidémiologiques récoltées chez les chiens inclus dans l'étude.....	87
Tableau 10: Tableau regroupant les données biologiques récoltées chez les chiens inclus dans l'étude. ....	87
Tableau 11: Tableau regroupant les données cliniques préopératoires récoltées chez les chiens inclus dans l'étude.....	88
Tableau 12: Tableau regroupant les données radiographiques préopératoires récoltées chez les chiens inclus dans l'étude.....	89
Tableau 13: Tableau regroupant les données per-opératoires récoltées chez les chiens inclus dans l'étude.....	90
Tableau 14: Tableau regroupant les données cliniques post-opératoires récoltées chez les chiens inclus dans l'étude.....	90
Tableau 15: Tableau regroupant les données radiographiques post-opératoires récoltées chez les chiens inclus dans l'étude.....	91
Tableau 16: Plages radiographiques pré opératoires et après cicatrisation osseuse de la fracture tibiale des chats inclus dans l'étude. ....	92
Tableau 17: Plages radiographiques pré opératoires et après cicatrisation osseuse de la fracture tibiale des chiens inclus dans l'étude.....	100

Tableau 18: Tableau répertoriant les différents tests statistiques réalisés et détaillant les variables comparées et les valeurs de p. ....	110
Tableau 19: Tableau répertoriant les différents tests statistiques significatifs ( $p < 0,05$ ).....	118
Tableau 20: Tableau regroupant les représentations graphiques des tests statistiques n'ayant pas donné de résultats significatifs ( $p > 0,05$ ) chez les chats inclus dans l'étude. ....	120
Tableau 21: Tableau regroupant les représentations graphiques des tests statistiques n'ayant pas donné de résultats significatifs ( $p > 0,05$ ) chez les chiens. ....	132

# Liste des abréviations

---

Kg : Kilogrammes

LCP : Locking Compression Plate

DGP : Dynamic Compression Plate

mmHg : millimètre de mercure

CHUVA : Centre hospitalier universitaire vétérinaire d'Alfort

ENVA : Ecole nationale vétérinaire d'Alfort

NEC : note d'état corporel

NRS : numerical rating scale

NFS : numération formule sanguine

Ht : hématoците

PT : protéines totales

AO Vet : Association d'orthopédie vétérinaire

VEGF : facteur de croissance endothélial vasculaire

PAL : phosphatase alcaline

PDK1 : Pyruvate Dehydrogenase Kinase 1

bFGF : fibroblastes humain recombinant

CEUS : échographie de contraste

# Introduction

---

Les fractures du tibia sont relativement courantes chez les chiens et les chats ; elles représentent 21% des fractures des os longs et 11,7% des fractures des membres, chiens et chats réunis (Johnson et al., 1994). Il s'agit de la 4ème localisation de fracture la plus fréquente chez le chien. En raison du faible recouvrement cutané de cet os, les fractures ouvertes sont fréquentes. La prédominance des traumatismes à haut degré d'énergie à l'origine de ce type de fractures est souvent responsable de fractures ouvertes et/ou comminutives (Vnuk et al., 2004) (Franco et al., 2021) (Johnston et Tobias, 2017). Ces deux caractéristiques sont communément reconnues comme étant à l'origine de complications telles que des ostéomyélites ou des retards de cicatrisation (Autefage, A., 1992) (Caywood et al., 1978) (Gustillo et Anderson, 1976) (Giannoudis et al., 2009a)(Rochat MC, 2001).

Chez l'homme, les fractures du tibia sont des fractures redoutées par les chirurgiens orthopédiques. Chez le chien et le chat, elles présentent un fort taux de complications de la cicatrisation osseuse aussi bien septiques qu'aseptiques, ce qui les rend difficiles à traiter avec une décision d'amputation qui arrive assez précocement lors de lésions trop importantes des tissus environnants, y compris chez l'homme, pour qui de nombreuses classifications du degré de sévérité de la fracture, des lésions des tissus mous attenants, ont été mises en place afin d'établir un pronostic pour le patient (Hill, 1977) (Tile, 2005) (Boone et al., 1986) (Richardson, E.F. and Thacher, C.W., 1993) (Durville, 1976) (Phillips, 1979) (Nolte et al., 2005).

Chez les carnivores domestiques, peu de publications sont disponibles sur les fractures du tibia et leur prise en charge. L'étude présentée dans cette thèse a pour but de passer en revue les différentes complications observées lors de la cicatrisation osseuse des fractures tibiales prises en charge chirurgicalement à l'École nationale vétérinaire d'Alfort, chez des chats et des chiens. Et d'étudier les caractéristiques inhérentes à l'animal, à la fracture et à la prise en charge péri-chirurgicale, pouvant être corrélées à ces complications afin d'en faire ressortir des facteurs de risques prédictifs. Le délai de prise en charge pouvait varier en fonction de la réactivité du propriétaire mais également en fonction de la stabilité et des lésions associées de l'animal ; une prise en charge pour stabilisation étant parfois nécessaire aux soins intensifs avant l'intervention chirurgicale.



# Première partie : bibliographie

---

## 1. Épidémiologie de la fracture tibiale chez le chien et le chat.

### A. Incidence et contexte de survenue de la fracture tibiale chez le chien et le chat

#### a. Incidence des fractures tibiales chez le chien et le chat

Les chocs sont la cause majoritaire de ces fractures. Les mâles et les femelles ainsi que le côté gauche ou droit sont touchés de façon équivalente (Johnston et Tobias, 2017).

Dans une étude portant sur les lésions observées sur des chats ayant effectué une chute de plus d'un étage, 34% des fractures observées étaient localisées au niveau du tibia (Vnuk *et al.*, 2004). Dans une autre étude réalisée sur des chats parachutistes dont la hauteur de chute moyenne était de 4 étages, 36,4% des chats présentaient des fractures du tibia. Par ailleurs, 34% des chats présentaient des lésions thoraciques et 47% avaient au moins une fracture au niveau des membres (Vnuk *et al.*, 2004). Les fractures du tibia sont fréquentes lors de traumatismes à haute énergie et notamment chez les chats parachutistes et sont donc fréquemment associées à d'autres traumatismes concomitants tels que des contusions thoraciques ou des pneumothorax.

Selon les études, 75-92% des fractures du tibia sont diaphysaires (Johnson *et al.*, 1994) (Franco *et al.*, 2021) et la partie médiane de la diaphyse est la localisation la plus commune des fractures du tibia chez le chien et le chat et représente 64% des fractures tibiales. Cette localisation préférentiellement diaphysaire est également retrouvée dans les cas de fracture du radius (75%) tandis que pour l'humérus et le fémur l'incidence de cette localisation n'est que de 47 et 50% respectivement (Unger *et al.*, 1990).

Les fractures spiroïdes (21-45%) et comminutives (23-53%) sont les morphologies de fracture les plus couramment observées sur les fractures tibiales (Franco *et al.*, 2021) (Johnston et Tobias, 2017).

Une fracture concomitante de la fibula est fréquente bien que la réparation de celle-ci ne soit généralement pas nécessaire. On la retrouve dans plus de 80% des cas de fracture du tibia chez le chien et le chat, et est de plus en plus fréquente selon l'intensité du traumatisme (Johnston et Tobias, 2017).

#### b. Étiologie des fractures tibiales

Les causes d'une fracture peuvent être multiples. Elles peuvent être consécutives à :

- Un traumatisme atteignant directement l'os. Donald L. Piermattei; Gretchen L. Flo; Charles E. DeCamp (2009) rapportent que 75 à 80% de ces fractures chez le chien et le chat sont dues à un accident avec des automobiles.
- Un traumatisme indirect pour lequel les forces sont transmises à travers l'os jusqu'en un point éloigné où se produit alors la fracture. C'est essentiellement ce type de fracture qui est retrouvé chez les chats parachutistes (Donald L. Piermattei *et al.*, 2009).
- Une affection osseuse à l'origine d'une fragilisation ou d'une destruction de l'os ; on retrouvera notamment les tumeurs, les kystes ou les carences nutritionnelles.
- Des mises en charge répétées ; ce sont les fractures qui se rapprochent le plus des fractures de fatigue chez l'homme. Chez les chiens et les chats, elles restent rares et se retrouvent presque exclusivement au niveau des os des extrémités des membres (Donald L. Piermattei *et al.*, 2009).



## B. Caractéristiques des fractures tibiales chez le chien et le chat

Les fractures des os longs et donc les fractures du tibia peuvent être (Müller et al., 2012) :

- Transverses lorsque le trait de fracture traverse l'os avec un angle inférieur à 30 degrés.
- Obliques lorsque cet angle est supérieur à 30 degrés.
- Spiroïdes quand la fracture est oblique mais avec un trait de fracture en courbe autour de la diaphyse.
- Incomplètes lorsqu'une seule corticale osseuse est atteinte. Complètes quand toute la circonférence de l'os est touchée.
- Comminutives quand un ou plusieurs fragments de taille moyenne sont totalement séparés les uns des autres. Parmi les fractures comminutives, on retrouve les fractures en aile de papillon, réductibles (fragments de taille supérieure au tiers du diamètre osseux), esquilleuses (fragments de taille inférieure au tiers du diamètre osseux), multiples ou bifocales (traits de fractures non convergents). Les fractures comminutives sont les plus fréquentes mais aussi les plus redoutées.
- Engrenées lorsque les fragments osseux sont solidement enfoncés l'un dans l'autre.
- Par avulsion lorsqu'un fragment d'os sur lequel s'insère un muscle, un tendon ou un ligament se détache sous l'action d'une traction puissante.

Comme tous les os longs, le tibia est continuellement soumis à des forces (Coughlan et Miller, 1998). Les forces physiologiques normales, qui s'exercent sur les os longs, sont une combinaison de forces dynamiques et statiques issus du poids du corps, des contractions musculaires et des effets des tendons et des ligaments.

- Le type de fracture va dépendre du type de forces qui s'exercent sur l'os et par les propriétés mécaniques de ce dernier.
- Les forces compressives se manifestent lorsque des charges équivalentes, mais opposées s'appliquent l'une vers l'autre le long de l'axe longitudinal de l'os. Cela va provoquer une fracture plutôt oblique (Coughlan et Miller, 1998).
- Les forces de tension conduisent à des fractures plutôt transverses, perpendiculaires à la direction de la charge (Coughlan et Miller, 1998).
- Les forces de flexion conduisent également à des fractures transverses selon un mécanisme différent. La flexion met le côté convexe de l'os sous tension et le côté concave en compression. La fracture commence donc du côté convexe et se propage de l'autre côté. Néanmoins, il est très fréquent que des forces de cisaillement interne se surajoutent modifiant alors la direction de la fracture à l'origine de fractures esquilleuses (Coughlan et Miller, 1998).
- Les forces de torsion provoquent quant à elles des fractures plutôt en spirale (Coughlan et Miller, 1998). De plus, la vitesse de charge a une importance dans l'aspect et la sévérité des fractures. Une charge rapide conduit à une accumulation d'énergie importante et des dommages plus grands sur l'os et les tissus environnants lorsque cette énergie est relâchée lors de la fracture.

Par ailleurs, le tibia n'est recouvert par aucun muscle en face cranio-médiale, ce qui en fait un os sujet aux fractures ouvertes. Selon les études, le taux de fractures ouvertes au niveau du tibia varie entre 12 et 46% chez le chien et le chat (Boone et al., 1986) (Horstman *et al.*, 2004) (Richardson, E.F. and Thacher, C.W., 1993). Il apparaît également que 33 à 46% des fractures du tibia sont comminutives chez les carnivores domestiques (Boone *et al.*, 1986) (Horstman *et al.*, 2004) (Richardson, E.F. and Thacher, C.W., 1993), ce qui peut s'expliquer par l'absence de maintien d'origine musculaire permettant de limiter les forces de flexion.

## **C. Importance des complications associées aux fractures tibiales chez le chien et le chat**

La faible couverture en tissus mous du fût tibial associée à la vascularisation peu fournie de la zone prédisposent cet os aux fractures ouvertes.

Par ailleurs, les fractures du tibia chez le chien et le chat présentent un fort taux de complications avec notamment jusqu'à 19% de retard de consolidation et le plus haut taux de non-union par rapport aux autres fractures sur os longs (Nolte *et al.*, 2005), ainsi qu'entre 5 et 20% de pseudarthrose (Boone *et al.*, 1986) (Horstman *et al.*, 2004) (Durville, 1976) (Phillips, 1979), ce qui les rend extrêmement complexes à traiter avec parfois une décision d'amputation dans 1,5% dans l'étude de Nolte *et al.* (2005). Ce taux d'amputation se révèle également très élevé chez l'homme notamment lors de fractures complexes en raison du risque important de complications, aussi bien septiques qu'aseptiques de la cicatrisation osseuse et des séquelles résultant des lésions vasculaires, neurologiques ou des tissus mous de la jambe (Hill, 1977) (Tile, 2005).

## **2. Particularités de la fracture du tibia**

### **A. Anatomie topographique de la jambe**

#### **a. Ostéologie**

Dans la jambe, on retrouve deux os : le tibia et la fibula.

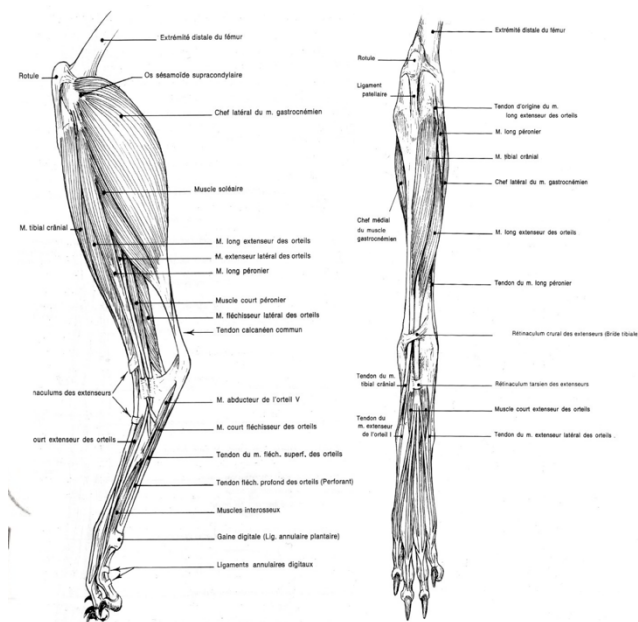
Le tibia est un os long, pair, possédant une extrémité proximale, une distale, et trois faces. Son corps présente une section triangulaire à l'extrémité proximale qui s'arrondit à l'extrémité distale. La fibula est latérale et caudale par rapport au tibia. Elle est complète chez les carnivores domestiques. Néanmoins, chez le chat les deux os sont parallèles alors que chez le chien, la partie distale de la fibula est appliquée contre le tibia (Barone, 2010). Proximale sur le tibia, on retrouve le plateau tibial formé par trois tubercules, les condyles médial et latéral, respectivement sur les faces médiale et latérale, et la tubérosité tibiale qui forme une saillie crânialement sur laquelle s'insère le ligament patellaire exerçant une traction sur cette zone osseuse lors de la contraction du muscle quadriceps (Barone, 2010). La face médiale du tibia est convexe, et est située juste sous la peau sans couverture musculaire alors que la face latérale est concave, débouche sur la fosse tibiale, et est marquée par le sillon du tendon du muscle extenseur des doigts (Barone, 2010).

#### **b. Myologie**

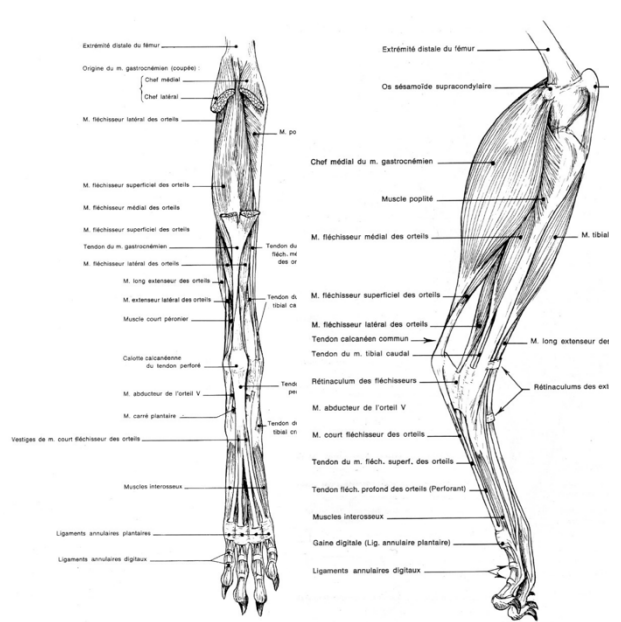
Autour du tibia et de la fibula, on retrouve les muscles jambiers qui s'attachent soit sur l'extrémité distale du fémur soit sur les os de la jambe (tibia et fibula) et se terminent sur le métatarse ou sur les phalanges, et dont le rôle est de mobiliser le pied et les doigts (Barone, 1980). Le fascia jambier continue celui de la cuisse. Son feuillet superficiel s'attache sur la face médiale du tibia et son feuillet profond se divise en de nombreux septums intermusculaires qui rejoignent le tibia ou la fibula, délimitant ainsi 4 loges musculaires bien nettes : les loges tibiales crâniale, fibulaire, surale et caudale (Barone, 1980).

La face médiale du tibia n'est recouverte que par le fascia et la peau.

**Figure 1: Myologie des compartiments crâniens (loge tibiale crâniale et loge fibulaire) de la jambe du chien (d'après Barone 1980).**



**Figure 2: Myologie des compartiments caudaux (loge surale et loge tibiale caudale) de la jambe du chien d'après Barone 1980.**



**c. Innervation**

Dans la jambe, on retrouve 5 nerfs (Barone et Simoens, 2010):

- Le nerf fibulaire commun, moteur pour les muscles jambiers crâniens qui assure la flexion du jarret et l'extension des doigts, et sensitif pour la face dorso-latérale du genou jusqu'au métatarse. Il assure également la sensibilité cutanée de toute la face dorsale du pied.
- Le nerf cutané sural latéral sensitif pour la face latérale de la jambe du grasset jusqu'au tarse.
- Le nerf fibulaire profond, moteur pour les muscles de la loge tibiale crâniale, et sensitif pour la face dorsale de la jambe du jarret et du métatarse.
- Le nerf fibulaire superficiel, moteur pour les muscles de la loge fibulaire sensitif pour la face dorso-latérale de la jambe et du jarret.
- Le nerf tibial, moteur pour les muscles assurant l'extension du jarret et la flexion des doigts, et jouant un rôle dans la sensibilité de la face caudale de la jambe et du jarret, ainsi que dans celle de la face plantaire du pied.

**d. Vascularisation**

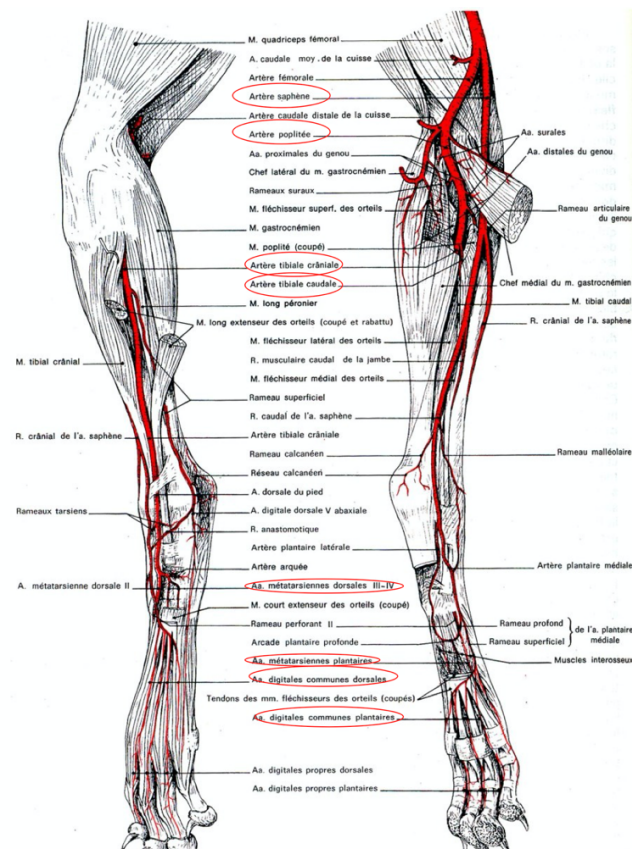
La vascularisation en regard du tibia se compose chez le chien et chez le chat de manière identique d'un système artériel et d'un système veineux.

• **Le système artériel**

Les artères traversant la région de la jambe sont les artères du rameau descendant de l'artère fémorale caudale distale qui irrigue la loge surale de la jambe, l'artère poplitée qui se distribue aux muscles de la loge surale de la jambe et assure l'essentiel de l'irrigation du genou, les artères tibiales crâniale et caudale, terminales de l'artère poplitée émergeants sous le muscle poplitée contre la face caudale du tibia,

qui vont assurer l'irrigation des autres loges musculaires de la jambe et participer à la vascularisation du pied et en superficie, les divisions de l'artère saphène (rameaux crânial et caudal) destinées à l'irrigation du pied (Barone, 1996).

**Figure 3: Vascularisation artérielle de la jambe du chien d'après Barone 1996.**



- *Le système veineux*

Aussi bien chez le chien que chez le chat, le système veineux est composé d'un système profond et d'un système plus superficiel. Le système profond naît des veines métatarsiennes et remonte en passant par l'axe formé par les veines dorsales du pied, les veines tibiales, la veine poplitée, la veine fémorale, et les veines satellites des artères, tandis que le système veineux superficiel constitué par les veines saphènes, provient des veines digitales communes dorsales et des veines digitales communes plantaires qui vont former les veines saphènes médiale et latérale (Barone, 1996).

- *La vascularisation de la diaphyse tibiale*

La vascularisation des os provient de trois systèmes : le système vasculaire afférent, le système vasculaire intermédiaire de l'os compact et le système vasculaire efférent (Rhineland *et al.*, 1968). Le système vasculaire afférent correspondant à la vascularisation artérielle, il se constitue d'une artère nourricière principale qui va donner les artères métaphysaires puis les artérioles périostées au niveau des zones d'insertion musculaires. Le système vasculaire intermédiaire de l'os compact constitue un lacis vasculaire où se produisent des échanges essentiels entre le sang et les tissus vivants avoisinants. Il comprend les canaux corticaux de Havers et de Volkmann et les très fins canicules qui véhiculent les nutriments jusqu'aux ostéocytes. Et finalement, le système vasculaire efférent correspond au drainage veineux de l'os cortical ; il prend naissance à partir de la surface périostée de l'os avec un flux sanguin à

travers la corticale principalement centrifuge, c'est-à-dire de la cavité médullaire vers le périoste (Vigier, 2008) (Rhineland *et al.*, 1968).

Chez le jeune, les systèmes vasculaires épiphysaires et diaphysaires sont dissociés par la plaque de croissance alors qu'ils sont communs chez l'adulte.

Plus précisément pour le tibia, l'artère nourricière prend son origine dans l'artère caudale du tibia, une ramification de l'artère poplitée (Dugat *et al.*, 2011). Elle entre dans la corticale via le foramen nourricier, situé dans le coin caudo-latéral du tiers proximal de la diaphyse, avec un angle de 45-60°. A l'intérieur de la moelle osseuse, elle se divise en deux branches majeures, une ascendante et une descendante qui s'anastomosent à leurs extrémités avec les artères métaphysaires (Dugat *et al.*, 2011) (Ramamany, 2017). Le flux sanguin est dirigé de façon centrifuge, avec 30% de l'apport sanguin destiné au canal médullaire, et les 70% restants destinés aux deux tiers interne du cortex.

Lors d'atteinte de cette artère nourricière, l'apport sanguin de la moelle est maintenu par les artères métaphysaires (Lopez-Curto *et al.*, 1980). Le drainage veineux des capillaires de la moelle s'opère grâce à des sinus collecteurs centraux et périphériques situés au cœur de la moelle ou dans l'endoste. Ils convergent ensuite vers le sinus médullaire central qui s'écoule dans la veine nourricière (Lopez-Curto *et al.*, 1980).

Par ailleurs, les artérioles corticales, dirigées radialement se subdivisent en branches orientées parallèlement à l'axe du tibia et radialement dans le cortex osseux pour aller vasculariser les capillaires des canaux haversiens ou traverser le cortex et s'anastomoser avec les artères de Volkmann, originaires du réseau périosté (Lopez-Curto *et al.*, 1980).

Le drainage veineux des capillaires corticaux est essentiellement assuré par le plexus veineux du périoste et de façon minime par les veines endostées conduisant au sinus médullaire central (Lopez-Curto *et al.*, 1980).

Finalement, les artères périostées irriguent la partie extérieure de la surface de l'os. Elles sont originaires de branches des artères antérieure et postérieure du tibia. Elles sont connectées aux artères haversiennes qui convergent ensuite vers les capillaires métaphysaires pour délivrer du sang dans la région médullaire (Ramamany, 2017). Néanmoins, le complexe périosté est essentiellement veineux. Il est très dense en région diaphysaire, ce qui s'explique par le fait que 90% du drainage veineux de la diaphyse passe par ce complexe contre seulement 10% par la veine nourricière (Lopez-Curto *et al.*, 1980).

## **B. Étude générale des fractures tibiales**

On retrouve des fractures proximales, médio-diaphysaires, ou distales.

Les fractures proximales restent peu courantes représentant environ 7% des fractures tibiales (Unger *et al.*, 1990). La plupart du temps, il s'agit de fractures simples. Parmi ces dernières, on retrouve :

- Les fractures par avulsion de la tubérosité tibiale due à la traction par le muscle quadriceps à travers le ligament tibiorotulien et pouvant aller de quelques millimètres à la désinsertion complète. Un tel mécanisme se produit facilement lors du saut ou de la course et parfois lors d'une chute. Néanmoins, ces fractures restent rares et ne se rencontrent que chez les jeunes animaux de 4 à 8 mois (Donald L. Piermattei *et al.*, 2009), tout comme chez l'homme où elles se rencontrent presque exclusivement chez les adolescents avec seulement 5 cas décrits chez l'adulte à ce jour (Tan *et al.*, 2018). La tubérosité tibiale possède un centre d'ossification propre et fusionne avec l'épiphyse proximale puis avec la métaphyse du tibia quand le squelette de

l'animal atteint la maturité. Chez les chiens de grandes races, l'ossification endochondrale du cartilage de conjugaison peut être irrégulière, ce qui peut être constaté à la radiographie.

- Les fractures simples du cartilage de conjugaison, c'est-à-dire, les fractures de Salter-Harris. Elles sont retrouvées chez des animaux n'ayant pas fini leur croissance et sont la plupart du temps de type I ou II.
- Les fractures articulaires proximales du tibia, qu'elles soient partielles ou totales sont extrêmement rares chez les quadrupèdes représentant moins de 1% des fractures du tibia contrairement à ce que l'on constate chez l'homme. Par ailleurs, on notera que les fractures articulaires partielles ou totales représentent de manière plus générale 11% des fractures des os des membres chez le chien et le chat (Unger et al., 1990).

Les fractures diaphysaires représentent 75 à 80% des fractures tibiales. Quelque-soit l'âge, les fractures obliques et spiroïdes sont les plus courantes alors que les comminutives et ouvertes s'observent plus souvent chez l'adulte (Johnson et al., 1994).

Les fractures distales de la diaphyse tibiale représentent 21% des fractures du tibia (Johnson et al., 1994). Parmi ces dernières, on retrouve :

- Les fractures simples du cartilage de conjugaison, c'est-à-dire, les fractures de Salter-Harris. Elles sont retrouvées chez des animaux n'ayant pas fini leur croissance et sont la plupart du temps de type II.
- Les fractures articulaires partielles ou totales concernent la malléole ; elles concernent 20% des fractures du tibia chez le chat et le chien adulte (Unger et al., 1990). Elles entraînent une instabilité de l'articulation tibio-tarsienne ce qui provoque une subluxation ou une luxation.
- 

## **C. Traitements utilisés sur les fractures du tibia**

### ***a. Présentation des différents matériels d'ostéosynthèse et complications associées à leur utilisation***

Les grands principes des méthodes de fixation sont :

- La contention du membre (attelle, plâtre, attelle de Thomas)
- La contention de l'os (enclouage centromédullaire, fixateur externe, plaque)
- La compression (vis de traction, cerclage, cerclage interfragmentaire, haubanage, plaque de compression/en hauban)

Parmi les différentes techniques de fixation, on retrouve :

- ***Les méthodes de contention externe***

Les méthodes de contention externe peuvent être adaptées aux fractures diaphysaires non comminutives des animaux encore en croissance (Boone *et al.*, 1986). Une étude menée sur 47 cas de fractures diaphysaires tibiales chez des chiens et des chats de tous âges dont 6 prises en charge par contention externe, montre que le temps de cicatrisation de ce type de fracture est de 4 à 5 semaines en moyenne chez les animaux considérés comme juvéniles, c'est-à-dire de moins de 12 mois (Sullivan *et al.*, 2022).

Parmi ces méthodes, on retrouve le plâtre qu'il faut prendre soin de mettre suffisamment haut pour immobiliser la partie distale du fémur, ce qui s'avère difficile chez les races aux membres courts ou très musclés ; ou encore l'attelle de thomas qui permet d'appliquer une traction crâniale ou caudale sur chaque segment osseux en fonction de la mise en place de la bande adhésive et du rembourrage ; néanmoins, il faut faire très attention à bien maintenir au moins l'angle normal de flexion correspondant

à l'appui quadripodal au niveau des articulations du grasset et du jarret afin de minimiser l'ankylose articulaire. Finalement, on retrouve aussi le pansement de Robert Jones qui s'avère être un excellent moyen de contention d'urgence du tibia en attendant un traitement définitif (Donald L. Piermattei *et al.*, 2009).

Néanmoins, ces méthodes de coaptation externe sont rarement optimales. Dans une étude réalisée sur 47 chiens avec une fracture métaphysaire tibiale proximale, 6 ont été pris en charge par contention externe tandis que 41 ont été pris en charge chirurgicalement. Un plus fort taux de complications (66,7%) a été observé chez les chiens dont la fracture a été traitée de manière conservatrice par coaptation externe seule avec notamment des ostéopénies du tibia et du tarse ou encore des désaxations, par rapport à celui constaté lorsque de la prise en charge a été chirurgicale (22%). Seulement, 1 cas a développé des complications cutanées qui se sont résolues après retrait du bandage (Sullivan *et al.*, 2022).

- *Les clous centromédullaires non verrouillés*

En fonction des études, on ne retrouve que 2 à 12% des fractures du tibia traitées avec ce type de fixation (Sullivan *et al.*, 2022) (Boone *et al.*, 1986) (Müller *et al.*, 2012) (Donald L. Piermattei *et al.*, 2009). Le clou centromédullaire apporte une stabilité en flexion mais pas en rotation. Il ne doit donc pas être utilisé seul. Cette méthode de fixation est réservée aux fractures transverses, obliques courtes ou comminutives les moins graves des petits gabarits ou des animaux encore en croissance. Néanmoins, les recommandations préconisent d'insérer le clou par l'extrémité proximale du tibia car même lorsque l'on dirige le clou cranio-médialement, l'enclouage rétrograde à partir de la région médio-diaphysaire entraîne un point de sortie significativement plus caudal au niveau du plateau tibial, et donc une invasion de la cavité médullaire, des lésions de l'insertion du ligament croisé crânial et des interférences avec les condyles fémoraux (Donald L. Piermattei *et al.*, 2009).

L'ajout de cerclage au clou centromédullaire est très efficace sur les fractures obliques longues ou spiroïdes et sur certaines fractures comminutives réductibles. On peut également ajouter une vis de traction, de manière excentrée afin d'éviter les clous, pour les grands chiens. Le clou est ensuite retiré après consolidation complète mais les vis sont laissées in situ.

Néanmoins, dans l'étude de Sullivan C *et al* (2022), 66% des chiens dont la fracture tibiale avait été prise en charge par clou centromédullaire non verrouillé ont présenté des complications de migration d'implant.

- *Les clous verrouillés*

Les clous verrouillés assurent une stabilité axiale et en rotation. Pour le chirurgien, la dissection tissulaire et la manipulation des fragments osseux est alors moindre par rapport à l'utilisation d'une plaque. Ce type de clou n'est pas encore très utilisé chez l'animal mais les premières études cliniques réalisées chez l'homme ont montré que son utilisation permettait une très bonne cicatrisation osseuse bien qu'une faillite d'implant avec rupture du clou ait été observée dans 7% des cas (Loubignac et Chabas, 2009). Lors d'une étude réalisée sur 24 fractures de chiens dont 5 tibiales, les clous verrouillés ont été utilisés dans 12,5% des cas (Rovesti *et al.*, 2006). Dans une autre étude réalisée sur 78 chiens et 43 chats présentant des fractures diaphysaires du fémur, du tibia ou de l'humérus prises en charge chirurgicalement par la pose d'un clou verrouillé (Duhautois, 2003), 14 étaient des fractures tibiales. 77% des fractures n'ont présenté aucune complication, 3% ont été compliquées de faillite d'implant et 2% de pseudarthrose. Au bout du 3<sup>ème</sup> mois post-opératoire, 94% des fractures étaient cicatrisées entièrement.

- *Les fixateurs externes*

Les fixateurs externes peuvent être utilisés dans pratiquement toutes les fractures diaphysaires du tibia, y compris les retards de consolidation et les pseudarthroses. Tous les types de fixateurs externes sont applicables au tibia car les faces médiales et latérales de l'os sont disponibles (Donald L. Piermattei *et al*, 2009).

- Les hémi-cadres de type I sur la surface médiale du membre sont moins soumis aux chocs et aux accrochages dans les objets et n'entravent pas la marche.
- Les hémi-cadres monoplan de type IA possèdent toutes leurs broches dans le même plan et sont reliées à une barre de liaison commune. Ce type de fixateur est adapté lorsqu'il existe un partage des charges entre l'os et le fixateur dans les cas de fractures simples, en aile de papillon ou multiples ou si le squelette n'a pas terminé sa croissance.
- Les fixateurs de type IIA et B monoplans bilatéraux sont adaptés quand il n'y a pas de partage des charges, dans les cas de fracture comminutive non réductible notamment.
- Les fixateurs de type IB biplan et de type III bilatéraux biplans sont adaptés lorsque le fragment osseux distal ou proximal est particulièrement court.

Néanmoins, les fractures traitées par fixateurs externes sont sujettes à un taux de complications relativement important et variable en fonction de la localisation de ce dernier. Dans une étude réalisée chez le chien (Beever *et al.*, 2018), 41% des fractures du tibia traitées par fixation externe ont présenté des complications post-opératoires : 12% d'infections superficielles, 17% d'infections profondes et 12% de débricolage de montage. Les fractures des autres os traitées de la même manière, le taux de complications était supérieur, de 75%, mais dont plus de 55% concernaient des infections superficielles.

De la même manière, une étude réalisée chez le chat (Beever *et al.*, 2017) a montré un taux de complications de seulement 3% sur les fractures tibiales traitées par fixateur externe, toutes des infections des tissus superficiels ; ce taux de complications reste nettement inférieur à celui observé sur les autres os.

- *Les plaques*

Les plaques peuvent être utilisées dans la plupart des fractures diaphysaires du tibia y compris lors de pseudarthroses et d'ostéotomies correctrices. Dans l'étude de Sullivan C *et al* (2022), 17% des fractures ont été prises en charge par plaques (12% par des plaques verrouillées et 5% par des plaques non-verrouillées) ; 57% de complications ont alors été observés avec l'utilisation de ce matériel d'ostéosynthèse, ce qui est nettement supérieur au taux de complications global tous types d'ostéosynthèse confondus qui était de 22%. La moitié de ces complications étaient des déformations de type valgus et l'autre moitié des ostéomyélites (Sullivan *et al.*, 2022).

Les plaques peuvent être placées de manière mini-invasive (MIPO : Minimally Invasive Percutaneous Plate Ostéosynthesis) lors de fractures réductibles à foyer fermé, ce qui limite les traumatismes sur les tissus mous attenants, limitant le risque de lésions neurovasculaires et favorisant ainsi la cicatrisation osseuse (Schmierer *et Pozzi*, 2017) et qui, associé à une transplantation percutanée de cellules souches mésenchymateuses allogéniques dérivées de la graisse (AD-MSc) au site de fracture tibiale chez le chien semble représenter une technique sûre, viable et efficace pour favoriser la cicatrisation osseuse dans les fractures tibiales non articulaires chez le chien (Franco *et al.*, 2021). En effet, dans l'étude de Franco GG *et al* (2021) (Franco *et al.*, 2021), la médiane de cicatrisation osseuse suite à une fracture tibiale chez les 20 chiens traités par plaque était de 28,5 jours lorsqu'une transplantation percutanée de AD-MSc était réalisée contre 70,3 jours chez les 16 autres.



### ***b. Facteurs de décision du matériel d'ostéosynthèse***

Jusqu'en 1940, chez l'animal, presque toutes les fractures étaient réduites à foyer fermé puis stabilisées par un moyen de contention externe (Donald L. Piermattei *et al*, 2009). Aujourd'hui, il n'existe pas de consensus en ce qui concerne le choix du matériel d'ostéosynthèse pour traiter les fractures du tibia. La plupart du temps, le choix se fait à l'appréciation du chirurgien. Néanmoins en fonction du type de fracture, et des contraintes qui s'appliquent sur le foyer de fracture et sur l'os, le choix du matériel d'ostéosynthèse va varier.

- *Les avulsions de la tubérosité tibiale*

Lors d'avulsion de la tubérosité tibiale faiblement déplacée, la réduction peut se faire à foyer fermé avec contention externe tandis que lors d'une avulsion complète, pour conserver la puissance du quadriceps fémoral, une réduction à foyer ouvert avec mise en place d'une contention interne est nécessaire (Donald L. Piermattei *et al*, 2009).

- *Les fractures de Salter-Harris*

Une fracture Salter-Harris, qu'elle soit distale ou proximale pourra être traitée par fixation externe (Robert Jones, Attelle) ou interne (plaque, clou) en fonction du déplacement observé (Donald L. Piermattei *et al*, 2009).

- *Les fractures articulaires*

Pour les fractures articulaires, la réduction anatomique précise et la fixation interne rigide sont essentielles éventuellement en association avec une reconstruction de la surface articulaire et fixation par des vis de traction (Donald L. Piermattei *et al*, 2009). Les fractures d'une ou des deux malléoles entraînent une instabilité de l'articulation tibio-tarsienne, ce qui provoque une subluxation ou une luxation. Les deux principaux facteurs du traitement de ces fractures sont le maintien de l'intégrité de la « mortaise » de jarret créé par les malléoles et le rétablissement parfait des surfaces portantes du tibia et du talus. On privilégiera alors une réduction associée à une fixation interne tels que des vis osseuses pour une fixation rigide, des broches transfixantes ou un haubanage accompagné de broches (Donald L. Piermattei *et al*, 2009).

- *Les fractures diaphysaires*

Les fractures diaphysaires simples nécessitent une contention interne par plaque verrouillée par exemple en raison d'un risque d'instabilité liée au raccourcissement (Donald L. Piermattei *et al*, 2009).

Les fractures diaphysaires transverses nécessitent qu'on leur confère une stabilité en rotation. Une contention externe peut-être envisagée sur les fractures de la moitié distale du tibia mais la fixation interne restera la meilleure alternative. L'âge et la taille du patient seront alors des déterminants importants du type de fixation : si le patient a moins de six mois on utilisera un clou de Steinmann, chez les chiens adultes de plus de 9 kg on utilisera un clou verrouillé. On peut également utiliser un fixateur externe ou une plaque (chiens de race géante) (Donald L. Piermattei *et al*, 2009).

Pour les fractures comminutives, l'instabilité importante justifie le recours à une fixation interne. Si les fragments sont réductibles on peut entreprendre une reconstruction sinon on optera pour une fixation par plaque associée à un enclouage ou pour une fixation externe ou un clou verrouillé (Donald L. Piermattei *et al*, 2009).

Finalement, dans la plupart des cas, le choix entre plaque, clou verrouillé et fixateur externe dépend des préférences du chirurgien. Une étude réalisée chez l'homme a tenté de proposer un algorithme pour aiguiller le chirurgien dans le choix du matériel d'ostéosynthèse en fonction des caractéristiques de la fracture et du patient mais souligne bien le fait qu'il n'existe dans aucun cas une solution unique (Rushdi I. *et al.*, 2020). Il est toutefois important de noter qu'en raison de leur localisation au sein de l'os, les clous centromédullaires peuvent endommager temporairement le système afférent médullaire alors que les plaques de compression peuvent s'opposer au drainage veineux (Rhineland *et al.*, 1968). Une étude expérimentale réalisée sur 9 chiens et 4 moutons a montré que l'utilisation de plaque provoquait un remodelage osseux en raison de l'apparition de zones de nécrose faisant suite aux dommages vasculaires de l'os cortical sous-jacent engendrés par la plaque et à l'origine d'une ostéoporose temporaire lors du retrait de ce matériel. Chez les deux espèces, les lésions étaient similaires qu'il s'agisse du tibia ou du fémur de l'animal ; néanmoins, cette étude a montré que l'utilisation de plaques ne s'appuyant pas sur la totalité de l'os (plaques LCP) était associée à des lésions moins importantes que lors de l'utilisation de plaques verrouillées classiques (plaques DCP) (Lippuner *et al.*, 1992).

Par ailleurs, le clou verrouillé semble présenter beaucoup d'avantages et pourrait s'avérer une méthode d'avenir bien que peu d'études ne soient disponibles à l'heure actuelle sur le sujet chez le chien et le chat (Loubignac et Chabas, 2009) (Rovesti *et al.*, 2006) (Duhautois, 2003). Chez l'homme avant 2020, les fractures extra-articulaires du tibia distal ont presque toujours été traitées par réduction à foyer ouvert et fixation par plaques et vis. Cette technique nécessite une dissection plus étendue et s'accompagne d'un risque plus élevé de complications de la plaie que la fixation centromédullaire par clou. Un article de 2020 (Schaffer *et al.*, 2020) prône la supériorité de l'utilisation d'une réduction fermée et d'une fixation par clou supra patellaire appropriée pour le traitement de la plupart de ces fractures extra-articulaires du tibia distal. Les avantages des clous incluent des temps opératoires plus courts, une fonction postopératoire améliorée et une réduction jusqu'à 2,5 fois des complications des plaies (Im et Tae, 2005). L'utilisation de clous centromédullaires pour les fractures distales du tibia a été associée à une incidence de 12 à 23 % de cals vicieux, mais l'utilisation de la technique d'insertion supra patellaire réduit ce taux à 3,8 %, très probablement en permettant le maintien de la réduction sans altérer la position de la jambe lors de l'alésage et de l'insertion du clou (Im et Tae, 2005). De plus, cette technique n'a été associée ni à une lésion du cartilage ni à une augmentation de la douleur postopératoire du genou (Avilucea *et al.*, 2016) (Bakhsh *et al.*, 2016).

### **3. Complications des fractures**

#### **A. La cicatrisation osseuse**

##### ***a. Nécessité d'un contexte biomécanique et biologique favorable***

- *Les acteurs de la cicatrisation osseuse*

Les acteurs de la cicatrisation osseuse sont essentiellement les cellules de la formation ou de la résorption osseuse, c'est-à-dire respectivement, les ostéoblastes et les ostéoclastes, issues des cellules souches mésenchymateuses (Viateau, 2020). Après un traumatisme osseux à l'origine d'une fracture, une unité de remodelage se met en place ; elle se compose d'ostéoclastes en amont qui résorbent le tissu non fonctionnel, et d'ostéoblastes en aval qui reforment du tissu osseux sain, tout cela autour du bourgeon vasculaire. La solidité de l'os dépend du remodelage osseux assuré par cette unité.

- *Influence de la vascularisation*

Lors de fracture d'un os, une nécrose ischémique de ce dernier se met en place. La cicatrisation de cette fracture va donc dépendre de la richesse de la vascularisation aux alentours, ce qui est directement lié à la richesse musculaire (Vigier, 2008).

D'une part, les muscles apportent la vascularisation et donc des facteurs de croissance ainsi que des cytokines. D'autre part, les muscles jouent également un rôle mécanique : la contraction musculaire favorise la libération de cytokines et ainsi la formation osseuse (Hamrick, 2012).

Cependant, lors de lésions musculaires, la libération de myostatine entrave la réparation osseuse. Ainsi, il est primordial d'épargner au maximum les muscles pour avoir la meilleure cicatrisation osseuse possible lors de fractures (Hamrick, 2012).

- *Influence de la stabilité après réduction*

L'interruption de la vascularisation osseuse normale varie avec la complexité de la fracture. En effet, après une fracture, va se mettre en place une hypertrophie des vaisseaux afférents avec une augmentation en diamètre et en nombre. Cette vascularisation extra osseuse du cal de fracture régresse après stabilisation du foyer de fracture et rétablissement de la continuité de la vascularisation médullaire. Ces observations traduisent un potentiel régénératif important et rapide qui est nécessaire à la cicatrisation de l'os cortical (Rhineland *et al.*, 1968). Une manipulation chirurgicale peu soignée ou incorrecte des tissus mous, une réduction inadéquate, ou une stabilisation insuffisante des segments osseux va donc être à l'origine de perturbations de la cicatrisation.

Pour permettre la mise en place de l'os lamellaire, la stabilité au foyer de fracture doit être maximale.

En effet, on distingue trois types de situations cliniques :

- Une bonne stabilité et une bonne réduction de la fracture (ce qui reste très rare en pratique) qui permet une cicatrisation osseuse en première intention si l'apposition et le contact sont parfaits entre les deux surfaces osseuses.
- Une bonne stabilité malgré l'existence de micromouvements ou une perte de substance ou une réduction approximative à l'origine d'une cicatrisation osseuse par seconde intention avec la formation d'un cal osseux par ossification endomembraneuse. C'est la situation la plus fréquemment rencontrée en clinique.
- Une stabilité du cal moyenne qui nécessite le passage par un stade de cal fibro-cartilagineux qui aboutira ensuite à une phase d'ossification, endomembraneuse lorsque les conditions aérobies sont satisfaisantes au sein du foyer de fracture et que la stabilité reste relativement bonne et endochondrale sinon.

La cicatrisation osseuse se déroule donc en plusieurs temps. Tout d'abord, une phase de détersion se déroule pour éliminer les tissus nécrosés et limiter ainsi la durée de la phase inflammatoire. Un tissu de granulation se met ensuite en place à partir de l'hématome créé à l'issue du traumatisme, et sera remplacé progressivement par un cal conjonctif. Les cals se forment dans le canal médullaire, la corticale et le périoste. Radiographiquement à ce stade, on observe une densification osseuse. Le cal conjonctif, grâce au passage de nutriments, de facteurs chimiotactiques, de facteurs de l'angiogenèse, de facteurs de croissance et d'oxygène deviendra ensuite un cal osseux. L'os ne redevient totalement compétent qu'au bout de quelques mois voire quelques années. Cet os remodelé a alors exactement les mêmes caractéristiques morphologiques et mécaniques que l'os d'origine ; il ne garde pas de fragilité particulière.

### **b. Éléments radiographiques permettant d'objectiver la cicatrisation osseuse**

Afin d'objectiver la cicatrisation osseuse et l'évolution de cette dernière, l'outil utilisé est l'examen radiographique (Jossier *et al.*, 2013). Immédiatement après la fracture, les bouts osseux sont bien délimités et une tuméfaction des tissus mous est présente.

Par la suite, les premières modifications radiographiquement visibles apparaissent entre 7 et 10 jours : les bouts osseux apparaissent alors émoussés, à contours légèrement flous en raison de leur déminéralisation et de l'élimination des fragments non vascularisés, avec le matériel d'ostéosynthèse, on observera un élargissement discret du trait de fracture.

Les premiers signes de mise en place du cal apparaissent généralement entre 2 et 3 semaines, ce cal étant non minéralisé dans un premier temps, on observe juste une légère densification des tissus au niveau du trait de fracture ainsi qu'une sclérose médullaire à proximité du foyer de fracture.

Entre 3 et 5 semaines, le cal devient de plus en plus minéralisé et donc de plus en plus opaque en raison de l'ossification endochondrale.

Ensuite, la cicatrisation osseuse à proprement parler est observée par une continuité des bouts osseux radiographiquement visible. Le trait de fracture n'est alors plus radio transparent. Ce phénomène se déroule entre 6 et 8 semaines après la fracture.

On jugera cette cicatrisation comme totale lorsque 3 corticales sur 4 sont ossifiées lors de la prise de clichés radiographiques orthogonaux.

### **c. Délais de cicatrisation osseuse habituels**

Donald L. Piermattei; Gretchen L. Flo et Charles E. DeCamp (2009) proposent une dichotomie en fonction de l'âge et du matériel d'ostéosynthèse pour énoncer la durée de consolidation osseuse moyenne pour une fracture sur os long (Horstman *et al.*, 2004) (Hudson *et al.*, 2009) :

**Tableau 1: Durée de consolidation osseuse moyenne pour une fracture sur un os long en fonction de l'âge de l'animal et du matériel d'ostéosynthèse utilisé (d'après Donald L. Piermattei et al, 2009).**

Âge de l'animal	Fixateur externe et clou centromédullaire	Fixation par plaque
Moins de 3 mois	2-3 semaines	4 semaines
3-6 mois	4-6 semaines	2-3 mois
6-12 mois	5-8 semaines	3-5 mois
Plus d'un an	7-12 semaines	5 mois – 1 an

### **d. Éléments ayant un impact négatif ou positif sur cela cicatrisation osseuse**

- Les recommandations AO (Donald L. Piermattei, *et al.*, 2009) :

Les recommandations de l'AO concernant les effets recherchés lors du traitement orthopédique des fractures sont les suivantes :

- Réduction anatomique des fragments
- Fixation stable adaptée à la fracture (localisation, morphologie, ...)
- Préservation de la vascularisation des fragments osseux et des tissus mous environnants

- Mobilisation active, précoce, non douloureuse, des muscles et des articulations adjacentes à la fracture.

Ces recommandations se basent sur les facteurs influençant la cicatrisation osseuse et sur lesquels le chirurgien peut jouer. On retrouve donc :

- *La vascularisation et les facteurs ostéo-inducteurs*

La vascularisation jouant un rôle primordial dans la cicatrisation osseuse, il apparaît que toute lésion importante des tissus mous portant atteinte à cette vascularisation ralentit la cicatrisation osseuse (Autefage, A., 1992) (Marshall *et al.*, 2022).

Par ailleurs, le cal conjonctif se formant à partir de l'hématome présent au niveau du foyer de fracture, tout acte chirurgical avec rinçage abondant du foyer de fracture peut provoquer l'élimination de cet hématome fracturaire et du caillot qui contiennent une grande quantité de cellules déjà différenciées et de facteurs ostéo-inducteurs et donc ralentir la mise en place de ce cal. Par ailleurs, l'acte chirurgical doit être le plus délicat possible afin de ne pas endommager les tissus mous environnants.

De la même manière, l'amplitude du déplacement des abouts osseux avant traitement chirurgical pourrait jouer un rôle dans la vitesse de consolidation. En effet, plus le déplacement est important, plus les lésions sur les tissus mous seront délabrantes, ce qui influence donc la vitesse de cicatrisation par l'intermédiaire d'un défaut de vascularisation (Ellis, 1958) (Nolte *et al.*, 2005) (Richardson, E.F. and Thacher, C.W., 1993).

- *Les infections*

L'infection est un facteur défavorable majeur de la cicatrisation osseuse, car elle entretient l'inflammation, accroît la résorption osseuse et induit une nécrose osseuse. Elle peut être à l'origine d'une ostéomyélite dont la chronicité peut engendrer un retard voire une absence de consolidation (Autefage, A., 1992) (Caywood *et al.*, 1978) (Gustillo et Anderson, 1976) (Rochat MC, 2001) (Kanakaris *et al.*, 2007).

- *La qualité de la réduction et la stabilité du montage*

Néanmoins, même en présence d'une infection, la cicatrisation osseuse peut se dérouler si la stabilité du foyer fracturaire est optimale (Autefage, A., 1992). Tout facteur influant sur cette stabilité peut donc exercer une influence sur le délai de consolidation. Une instabilité empêche les vaisseaux provenant de chacun des éléments osseux de s'anastomoser. Cette mobilité provoque une hypoxie au sein du foyer de fracture qui induit le passage par un stade fibreux ou fibrocartilagineux et donc une ossification secondaire qui sera d'autant plus retardée que la mobilité dans le foyer sera importante. Ce retard de consolidation peut conduire à une non-union. On notera par exemple, le degré de comminution pour lequel il a été démontré chez l'homme et chez l'animal qu'il influençait la vitesse de cicatrisation et qu'une comminution sévère augmentait le risque de retard de consolidation et de non-union car elle était à l'origine d'un défaut de stabilité après réduction (Ellis, 1958) (Nolte *et al.*, 2005) (Oni *et al.*, 1988).

Toutefois, une rigidité parfaite ralentirait la cicatrisation en diminuant, voire en supprimant les contraintes supportées par les tissus en formation. La mise en charge du membre accélère la solidité du cal (suivant la loi de Wolff) et évite l'amyotrophie et l'ankylose articulaire (Autefage, A., 1992) (Marshall *et al.*, 2022). Il faut donc trouver le juste équilibre entre réduction, stabilité et mise en contrainte du foyer de fracture en fonction du potentiel de cicatrisation propre à chaque fracture.

De la même manière, les pertes de substance osseuse, présentes sur certaines fractures, peuvent, si elles sont trop importantes, être à l'origine de pseudarthrose en raison de la cicatrisation

indépendante des deux abouts fracturaires avec mise en place de tissus fibreux entre les deux (Marshall *et al.*, 2022) (Nolte *et al.*, 2005). Ainsi, chez l'homme, il a été émis l'hypothèse que, sur un os long, si la longueur du défaut osseux excédait 1,5 fois le diamètre de la diaphyse, les capacités de cicatrisation du tissu osseux seraient dépassées ; c'est l'hypothèse de Key (Autefage, A., 1992).

- *L'âge*

Bien que l'âge soit une variable non modifiable, elle fait partie des variables dont l'influence sur la cicatrisation permet d'avancer un pronostic et donc d'aider le chirurgien dans la décision d'une prise en charge conservatrice ou par amputation dès la première intention.

## **B. Complications à court terme**

On appelle complications à court terme, les complications survenant dans les deux à trois semaines suivant l'intervention. Elles concernent surtout les complications septiques au sein du foyer de fracture ou des tissus mous attenants. On retrouvera alors :

### **a. L'ostéomyélite aigüe**

L'ostéomyélite aigüe correspond à une inflammation simultanée de l'os cortical, de la moelle osseuse et du périoste consécutive à une infection. L'origine de cette infection peut être multiple. La contamination peut avoir eu lieu lors du traumatisme en cas de fracture ouverte ou être iatrogène lors de fracture traitée chirurgicalement avec ouverture du foyer de fracture. Le diagnostic de cette affection se base sur l'état clinique de l'animal avec notamment l'apparition d'un syndrome fébrile et d'une inflammation très importante du site fracturaire. Néanmoins, ces symptômes sont inconstants. Ce qui nous fera donc suspecter une ostéomyélite précoce, ce sera donc essentiellement une non reprise d'appui dans les 2 semaines post-opératoire. Par ailleurs, un examen bactériologique positif reste le gold standard de cette affection (Kanakaris *et al.*, 2007).

### **b. La déhiscence de plaie et les infections des tissus mous**

La déhiscence de plaie est une complication relativement fréquente, qui se rencontre en particulier lors de l'utilisation de plaques en raison du faible recouvrement musculaire de cette dernière. En effet, cette déhiscence se fait en regard de la plaque insérée en face crânio-médiale du tibia, directement sous la peau.

Cette déhiscence de plaie est très souvent associée à un phénomène infectieux affectant les tissus mous voire l'os. Elle peut être plus ou moins importante allant d'un simple retard de quelques jours de la cicatrisation cutanée à la complète mise à nu de la plaque ne se résolvant que par retrait du matériel d'ostéosynthèse après cicatrisation osseuse complète.

Il faut néanmoins réaliser une surveillance accrue pour débiter précocement l'antibiothérapie, même lors des premiers signes d'infections des tissus mous ou de la peau car ces dernières peuvent évoluer très vite. Une étude réalisée chez l'homme sur des cas de fasciites nécrosantes consécutives à des fractures du tibia traitées chirurgicalement s'est intéressée à cette affection potentiellement mortelle, à propagation rapide résultant d'une origine polymicrobienne, avec une prédominance d'organismes anaérobies qui se manifeste par une nécrose du muscle, du fascia et des tissus mous environnants. La visée de cette étude était de mettre en exergue des facteurs de risque des infections des tissus mous après prise en charge chirurgicale des fractures du tibia. Sont alors reconnus : l'âge, les maladies concomitantes telles que l'hypothyroïdie ou le diabète sucré et les traitements immunosuppresseurs. Le diabète sucré, la comorbidité la plus fréquente, est présent dans 18 % à 70,8 % des cas (Zalavras *et al.*, 2007) (Shang *et al.*, 2017). L'antibiothérapie alors mise en place était à base de céphalexine. Ces

observations sont des arguments en faveur d'un prélèvement bactériologique systématique lors de prise en charge chirurgicale d'une fracture du tibia.

### **c. Le syndrome des loges**

Bien qu'exceptionnel chez le chien et le chat, parmi les complications à court terme, on peut citer également le syndrome des loges. Dans une étude (Moed et Strom, 1991) réalisée sur 20 chiens présentant une fracture diaphysaire tibiale prise en charge par enclouage centro-médullaire, des pressions de compartiment ont été mesurées dans les compartiments antérolatéral et postérieur profond de la jambe, deux chiens ont présenté des augmentations de pressions supérieures à 20 mmHg dans la loge musculaire antérieure résolue par fasciotomie.

Ce syndrome est essentiellement décrit chez l'homme après une fracture fermée diaphysaire tibiale (Owen et Tsimboukis, 1967) (Heckman *et al.*, 1994) (Halpern et Nagel, 1980). D'après une étude, le taux de diagnostic de syndrome des loges pour les fractures du tibia varie de 2 % à 24 % (O'Toole *et al.*, 2009).

Néanmoins, il peut y avoir de nombreuses étiologies possibles tels que des fractures ouvertes et fermées, des lésions vasculaires, des brûlures, des fuites d'accès intraveineux, des contusions, des coagulopathies, un pansement constrictif, un positionnement du patient pendant la chirurgie, un surdosage médicamenteux ou des morsures d'animaux (Halpern et Nagel, 1980). Il résulte d'une augmentation de pression au sein d'une ou de plusieurs loges tibiales, ce qui entraîne une ischémie dans un compartiment fascial qui aboutit à une nécrose des tissus qu'il englobe. Les séquelles du syndrome des loges comprennent une perte de fonction, une contracture des articulations, une déformation des membres et des neuropathies douloureuses (Seddon, 1966) (Owen et Tsimboukis, 1967).

Le pronostic est sombre puisque la reperfusion après une nécrose musculaire sévère peut encore augmenter les effets systémiques. Au fur et à mesure que la myonécrose se développe et que la reperfusion est obtenue, la myoglobine est libérée dans la circulation, contribuant davantage à la myoglobinurie, à l'acidose métabolique et à l'hyperkaliémie. Cela peut entraîner une insuffisance rénale, un choc et des événements cardiaques (Olson et Glasgow, 2005) (Ouellette, 1998).

Bien que la libération fasciale soit le traitement approprié du syndrome des loges aigu, les cliniciens doivent être conscients des dangers d'une intervention chirurgicale tardive. Une étude menée sur des chiens atteints de syndrome des loges tibiale crâniale met en avant les séquelles nerveuses et musculaires même après une prise en charge chirurgicale dans les 4 heures (Rorabeck et Clarke, 1978).

Il faut donc être particulièrement méfiant non seulement dans les cas de traumatismes à haute énergie n'aboutissant pas à des fractures ouvertes et de blessures par écrasement, mais aussi dans des circonstances inhabituelles lorsque les animaux présentent des signes inquiétants de pression et de douleur.

## **C. Complications à moyen et long terme**

De nombreuses complications de la cicatrisation osseuse ne surviennent que plusieurs semaines après la prise en charge chirurgicale. Elles peuvent être directement liées à cette dernière, aux lésions initiales ou sans lien établi. On retrouvera notamment :

#### **a. Le cal vicieux ou la mal-union**

Ces complications résultent de la cicatrisation osseuse dans une position non anatomique soit à cause d'une mauvaise réduction fracturaire soit à cause d'un traitement inapproprié (réduction incorrecte ou manque de stabilité de la méthode d'immobilisation utilisée).

#### **b. Le retard de cicatrisation osseuse**

Le retard de cicatrisation correspond à une consolidation osseuse beaucoup plus lente que prévue. Néanmoins, ce retard reste relativement subjectif car cette durée de cicatrisation dépend de nombreux facteurs différents et aucune donnée n'est réellement présente dans la bibliographie. Par exemple, dans l'ouvrage de Donald L. Piermattei; Gretchen L. Flo et Charles E. DeCamp (2009), des délais de cicatrisation moyens sont proposés en fonction de l'âge et du matériel d'ostéosynthèse utilisé (cf partie précédente) mais les lésions des tissus mous attenants ou encore le type de fracture par exemple ne sont pas pris en compte.

#### **c. La pseudarthrose ou non union**

Elle correspond à un état fracturaire pour lequel toute activité ostéogénique a cessé et pour lequel la continuité osseuse n'a pas été rétablie. Cliniquement, une mobilité au niveau du site de fracture est donc persistante, associée à une angulation anormale du fût osseux. On parle de pseudarthrose ou de mal union lorsqu'on observe radiographiquement une absence totale d'union entre les fûts osseux (pas de cal osseux) à plus de 2 mois de la prise en charge chirurgicale (Milovancev *et al.*, 2007) (Donald L. Piermattei, *et al.*, 2009).

Une étude sur les facteurs prédisposant à la non-union sur les fractures des os longs chez le chat a montré que le tibia était l'os le plus fréquemment touché. Cette étude met en avant la comminution de la fracture, l'ouverture du foyer et l'âge avancé de l'animal comme facteurs prédisposants à une pseudarthrose ou une non-union (Oni *et al.*, 1988) ; une étude réalisée chez l'homme place également l'étendue des lésions de tissus mous attenants à la fracture comme facteur de risque de pseudarthrose aseptique, c'est-à-dire non liée à une infection (von Rüden *et al.*, 2021) et une seconde étude, chez l'homme, place la sarcopénie, c'est-à-dire la diminution de la masse musculaire en regard du site fracturaire, comme facteur prédisposant à la pseudarthrose (Voort *et al.*, 2020) ; ces observations sont très probablement à mettre en relation avec la densité vasculaire environnante nécessaire à la cicatrisation osseuse.

Chez l'homme une étude a montré que la pseudarthrose était fréquemment consécutive à une infection incorrectement prise en charge (Weiss *et al.*, 2008). La pseudarthrose septique est d'ailleurs chez l'homme, la principale complication des fractures du tibia traitées chirurgicalement et l'âge est un facteur prédictif négatif (Ekegren *et al.*, 2018).

La plupart du temps, une reprise chirurgicale est alors nécessaire pour dynamisation du montage ou réalisation d'une greffe osseuse.

#### **d. L'ostéomyélite chronique**

L'ostéomyélite chronique fait généralement suite à une ostéomyélite aiguë incorrectement traitée ou non diagnostiquée, mais peut aussi se développer de manière insidieuse du fait d'un rejet du matériel d'ostéosynthèse par exemple. Le diagnostic d'ostéomyélite chronique se base sur l'examen clinique, mais aussi sur les signes radiographiques qui révèlent une lyse osseuse pouvant former des géodes multiples au sein de l'os, ainsi qu'une réaction périostée irrégulière, en « flammèche ». Par ailleurs, ce processus infectieux peut être à l'origine d'une mobilité excessive de l'implant et donc d'une perte de stabilité à l'origine d'un retard de cicatrisation. On a donc très souvent un lien entre ostéomyélite



chronique et retard de consolidation ou pseudarthrose. Le gold standard diagnostic reste également le prélèvement bactériologique positif (Donald L. Piermattei, *et al.*, 2009) (Kanakaris *et al.*, 2007) (Milovancev *et al.*, 2007).

L'incidence d'une infection liée à une fracture tibiale est relativement élevée et peut notamment atteindre 30% pour les fractures ouvertes chez l'homme et plus de 35% chez le chien et le chat (Giannoudis *et al.*, 2006). L'utilisation d'implants revêtus d'antibiotiques est l'une des stratégies les plus récentes pour réduire le risque d'infection en chirurgie orthopédique. Une étude a été réalisée chez l'homme afin d'étudier l'efficacité et l'innocuité d'un clou tibial recouvert de gentamicine dans la fixation primaire des fractures. Cette étude a montré une cicatrisation osseuse dans 88 à 94% des cas même dans les cas de reprise pour pseudarthrose infectées avec moins de 2% d'infections en post-chirurgical (De Meo *et al.*, 2020); ce qui place le clou tibial enduit de gentamicine comme une option thérapeutique efficace dans la prophylaxie des infections fracturaires à haut risque et dans les cas complexes de pseudarthrose.

#### **e. La faillite d'implant ou débricolage de montage**

La faillite d'implant ou débricolage de montage correspond à la migration de broches ou d'enclouage centromédullaire, à la déformation ou la rupture du matériel d'ostéosynthèse (plaque, enclouage centromédullaire) ou d'une partie du montage (vis d'une plaque, vis verrouillant un enclouage centromédullaire, broche ou barre connective d'un fixateur externe). Ce débricolage est alors à l'origine d'un défaut de stabilité au sein du foyer de fracture et augmente donc les risques de complication de la cicatrisation. En fonction de l'instabilité engendrée, une reprise chirurgicale peut être nécessaire.

#### **f. Une nouvelle fracture ou des traits de refend**

Il est possible d'observer quatre situations mécaniques fondamentales qui peuvent toutes être présentes dans une seule et même fracture (Müller *et al.*, 2012):

- L'os situé à proximité immédiate d'une plaque en compression ou d'une vis de traction peut subir une charge statique (de stabilisation) très élevée, avec une composante dynamique (déstabilisante) très faible.
- Un site plus éloigné de la plaque de compression ou une fracture immobilisée par un fixateur externe très rigide subit une charge statique de compression modérément élevée ayant une faible composante dynamique. Peut aussi s'observer lors d'enclouage centromédullaire/cerclage.
- Sur les sites légèrement plus éloignés de la plaque en compression ou de la vis, lors de fixation par plaque de soutien ou encore lors de stabilisation de la fracture par un stabilisateur externe modérément stable, les composantes statiques et dynamique ont une répartition plus uniforme. Cette situation s'observe fréquemment lors d'enclouage centromédullaire.
- Au niveau de la corticale opposée à une plaque ou à un fixateur externe unilatéral, ou encore dans certaines situations de plaque de soutien et lors de certaines fixations par enclouage centromédullaire, il persiste continuellement un écart interfragmentaire à cause de la présence de certaines charges dynamiques (tension, flexion, cisaillement) toujours supérieures aux charges compressives de stabilisation.

Il est donc important de considérer ces différentes contraintes qui s'appliquent sur l'os plus ou moins à distance du matériel d'ostéosynthèse, en fonction de la nature de ce matériel, afin de prévenir les complications telles que les nouvelles fractures.

## **4. Enjeux de notre étude**

La littérature place la fracture du tibia comme l'une des fractures les plus courantes chez le chien et le chat. La faible couverture musculaire de cet os et, de ce fait, la vascularisation relativement peu développée de la zone en fait aussi l'une des fractures les plus sujettes aux complications à court, moyen et long terme et aux retards de cicatrisation osseuse. Ces fractures, pour la majorité localisées au niveau de la diaphyse tibiale sont d'aspects très divers et les possibilités de prise en charge chirurgicale sont variées. Les différentes techniques d'ostéosynthèse envisageables ne permettent néanmoins pas de s'affranchir des complications, difficilement prévisibles. L'objectif de notre étude est donc de passer en revue ces différentes complications chez des chats et des chiens ayant présenté une fracture tibiale isolée ou non traitée chirurgicalement à l'ENVA entre 2010 et 2021. Puis d'étudier les caractéristiques inhérentes à l'animal, à la fracture et à la prise en charge péri-chirurgicale, pouvant être corrélées à ces complications afin d'en faire ressortir des facteurs de risques prédictifs.



# Deuxième partie : étude expérimentale

---

## 1. Matériel et méthode

Cette étude rétrospective porte sur les cas de fracture du tibia sur des chiens et des chats, traitées chirurgicalement au centre hospitalier de l'École nationale vétérinaire d'Alfort (ENVA) entre les mois de janvier 2010 et de septembre 2021.

Après inclusion des animaux dans l'étude, nous avons récupéré différentes données sur ce dernier, sur la fracture, le traitement de cette dernière, et l'évolution clinique et radiographique post-opératoire. Ces données ont ensuite été consolidées dans un tableur Excel afin de les harmoniser et de faciliter leur traitement ultérieur (voir annexe 2).

### A. Animaux

#### a. Critères d'inclusion

Les animaux inclus dans notre étude étaient tous des chiens ou des chats présentés pour une fracture du tibia, traitée chirurgicalement à l'ENVA entre les mois de janvier 2010 et de septembre 2021 et dont les dossiers comportaient l'intégralité des données nécessaires à l'étude (cf. données récoltées). Les animaux inclus dans l'étude pouvaient présenter d'autres atteintes ostéoarticulaires mais les animaux présentant une atteinte ostéoarticulaire sur le même membre que celui présentant la fracture tibiale ont été exclus de l'étude afin de limiter les biais sur la reprise fonctionnelle du membre. Les suivis cliniques et radiographiques devaient en particulier être complets jusqu'à la cicatrisation osseuse complète de la fracture.

#### b. Critères d'exclusion

Les animaux ont été exclus de l'étude lorsque le suivi clinique et radiographique à l'ENVA n'était pas complet jusqu'à la cicatrisation osseuse de la fracture documentée sur la base de l'examen radiographique, ou lorsque ces derniers sont morts avant peu importe la raison.

Ont également été exclus de l'étude les animaux pour lesquels la fracture n'avait pas été traitée au CHUVA en première intention ou pour lesquels la fracture était pathologique et non traumatique.

#### c. Données récoltées à propos de l'animal

Lorsqu'un animal est admis à l'ENVA, un dossier « CLOVIS » lui est créé. C'est dans ce dossier que seront sauvegardés les examens cliniques et les résultats d'examens complémentaires réalisés au sein du centre hospitalier de l'ENVA. Les données récoltées pour notre étude à partir de cette banque de données ont été les suivantes :

- *Données épidémiologiques*
  - Espèce, race, sexe et âge du patient
  - Note d'état corporel (NEC) sur 5 et maladies concomitantes connues
  - Mode de survenue de la fracture : traumatisme léger ou traumatisme important en fonction de l'énergie cinétique de ce dernier.

- *Données cliniques préopératoires*

- Score de boiterie

Le score de boiterie a été évalué de manière subjective par une NRS (numerical rating scale) constituée de 5 grades (Welsh *et al.*, 1993) :

- Grade 1 : boiterie intermittente, avec appui
- Grade 2 : boiterie permanente, avec appui
- Grade 3 : boiterie intermittente, sans appui au trot
- Grade 4 : boiterie permanente, sans appui au pas
- Grade 5 : boiterie permanente, sans appui au repos

- Caractère ouvert ou fermé

Le caractère ouvert ou fermé a été noté. Les fractures ouvertes ont alors été classées en fonction de leur degré de sévérité, selon la classification proposée par Gustillo établie pour les fractures ouvertes chez l'homme (de 1 à 3 de sévérité croissante) (Gustillo et Anderson, 1976). Cette classification se base sur l'importance de la contamination du foyer de fracture en pré-opératoire, ce qui peut donc par la suite impacter la prise en charge chirurgicale :

- Type I : Fracture ouverte, plaie propre, blessure de moins d'1 cm de longueur.
- Type II : Ouverture supérieure à 1 cm sans délabrement important ni perte de substance ni avulsion. Il existe une légère comminution et une contamination modérée.
- Type III : Délabrement cutanéomusculaire, lésion vasculonerveuse, contamination bactérienne majeure.
  - Type IIIA : La couverture du foyer de fracture par les parties molles est convenable malgré la dilacération extensive. Il existe une comminution importante de la fracture sans tenir compte de la taille de la plaie.
  - Type IIIB : La fracture ouverte est associée à une lésion extensive ou à une perte de substance des parties molles avec stripping du périoste et exposition de l'os avec contamination massive et comminution très importante due au traumatisme à haute énergie. Après parage et lavage, l'os reste exposé et il est nécessaire de recourir à un lambeau de voisinage ou à un lambeau libre pour le recouvrir.
  - Type IIIC : La fracture ouverte est associée à une lésion artérielle qui nécessite une réparation, mise à part le degré important des dégâts des parties molles.

Néanmoins, le grade de la fracture ouverte était très souvent absent des compte-rendu disponibles sur les dossiers CLOVIS des animaux inclus dans l'étude ; ceci nous a donc contraint à limiter la dichotomie à ouvert ou fermé sans plus de précision.

- Autres traumatismes associés consécutifs à l'accident

Ont été répertoriées pour chaque animal de l'étude les autres lésions associées au traumatisme à l'origine de la fracture tibiale. Elles ont été classées en atteintes ostéoarticulaires, épanchement aériques ou liquidiens ou atteintes organiques.

- Score ASA

Ont été notées la répercussion systémique de la fracture ou du traumatisme ainsi que les pathologies concomitantes de l'animal influant son statut ASA (Mayhew *et al.*, 2019) au moment de la prise en charge chirurgicale.

- Délais entre l'accident et la prise en charge chirurgicale

Nous avons relevé le délai entre l'accident et la prise en charge chirurgicale

- Passage par les soins intensifs ou directement par les consultations

Si l'animal est présenté à l'ENVA en passant par le service des urgences il est gardé aux soins intensifs en attendant que son état permette une intervention chirurgicale. Aux soins intensifs, l'animal est *à minima* monitoré et mis sous perfusion et analgésie.

- Antibioprophylaxie réalisée

Nous avons relevé si un antibiotique systémique de première intention avait été administré à l'animal dans les jours précédant son intervention chirurgicale.

- *Données cliniques peropératoires*

- Données relatives à l'anesthésie

La phase correspondant à l'anesthésie a été étudiée afin de noter une éventuelle hypotension, traitée ou non.

- Données relatives à l'intervention chirurgicale

Nous avons caractérisé l'expérience du chirurgien par la présence ou non d'un enseignant chercheur dans le bloc opératoire pendant l'intervention.

La durée de l'intervention a été estimée par intervalles horaires.

Le choix de la technique d'ostéosynthèse et la réalisation d'une éventuelle greffe osseuse se sont effectués, à la discrétion du chirurgien, d'après le type de fracture et des forces à neutraliser. Nous avons donc relevé si ont été utilisés un cerclage, haubanage, fixateur externe, plaque vissée, plaque verrouillée ou une combinaison de ces différentes techniques. Ont été précisés :

- La réalisation d'une greffe osseuse lors d'une perte de substance osseuse
- Le type de fermeture cutanée réalisée (en première intention ou retardée par seconde intention)
- La réalisation de prélèvements bactériologiques au cours de l'intervention chirurgicale permettant de connaître le germe en cause lors d'une éventuelle ostéomyélite.

- *Données cliniques post-opératoires*

Les contrôles de suivi clinique ont été réalisés tous les mois jusqu'à la cicatrisation osseuse complète.

- Évolution du score de boiterie et reprise d'appui

A chaque visite de suivi, un nouveau score de boiterie est attribué à l'animal suivant la même NRS que celle présentée précédemment.

Par ailleurs, on a relevé le moment où la reprise d'appui avait eu lieu pour chaque animal. Le délai de reprise d'appui pour chaque animal est donc exprimé par un intervalle de temps, dont la borne inférieure correspond au dernier contrôle au cours duquel l'animal ne posait pas le membre au pas et dont la borne supérieure correspond au premier contrôle au cours duquel l'animal posait son membre opéré de manière permanente au pas. La durée exacte de reprise d'appui en post-chirurgical est ensuite précisée grâce aux informations fournies par le propriétaire.

## □ Évolution de la douleur

Nous avons relevé toutes les informations relatives à la douleur de l'animal :

- Par le propriétaire (réticence à se déplacer, vocalisations, ...). Cette évaluation de la douleur était alors subjective et a été classée en trois catégories : douleur légère, douleur modérée, douleur sévère.
- Par le clinicien à distance et à la manipulation du segment fracturé ; la douleur a alors également été qualifiée de légère, modérée ou sévère.

## □ Complications

Les complications relatives aux tissus mous sont évaluées à chaque contrôle. Sont alors notés les signes de déhiscence de plaie, d'infection ou de nécrose des tissus mous.

### • *Données Biologiques*

Nous avons relevé les valeurs en dehors des valeurs de référence de l'espèce concernée des différentes analyses sanguines réalisées (NFS, biochimie, hématocrite/protéines totales) lorsqu'elles l'étaient.

### • *Données radiographiques pré-opératoires*

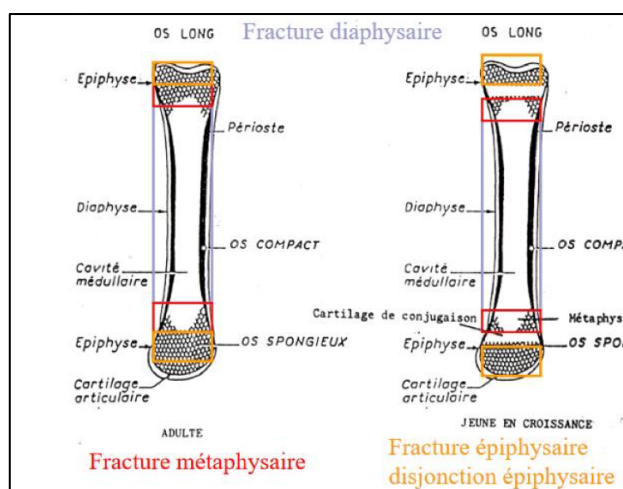
Chaque fracture a été caractérisée par sa localisation sur l'os (diaphysaire centrale, proximale ou distale, articulaire ou non) (*cf* figure 4), sa morphologie (simple, en aile de papillon, complexe ou esquilleuse), son orientation (transverse, oblique, spiroïde ou complexe), sa comminution et l'importance du déplacement des fragments osseux. Le déplacement a été qualifié d'absent, léger modéré ou sévère de la manière suivante :

- Absent : contact de 100% entre les fragments.
- Léger : contact supérieur à 50% entre les fragments.
- Modéré : contact inférieur à 50% entre les fragments.
- Sévère : absence de contact entre les fragments.

De cette manière, les fractures ont été classées selon la nomenclature définie par l'AO Vet (association d'orthopédie vétérinaire) qui permet de coder les fractures sous forme alphanumérique afin de faciliter le traitement informatique des données (*Cf* annexe 1) (Müller *et al.*, 2012).

Les fractures affectant le cartilage de croissance, ont été décrites selon la classification de Salter Harris établie pour l'enfant (Salter et Harris, 1963).

**Figure 4: Anatomie d'un os long d'après Cours Véronique Viateau- ENVA- 2020**



- *Données radiographiques post-opératoires*
  - Qualité de la réduction et de la stabilité du montage effectué : à T0 et aux dernières nouvelles (la cicatrisation osseuse étant acquise)

Des radiographies ont été réalisées en post-opératoire immédiat sur toutes les fractures afin de déterminer la qualité de la réduction et de la stabilisation. Elle était alors qualifiée d'anatomique, de satisfaisante ou avec perte de substance à l'origine d'une apposition incorrecte des fûts osseux. Aucune réduction n'était insatisfaisante (lorsque l'alignement était incorrect et risquait de générer une déformation du fût osseux ou lorsque l'implant n'était pas placé de façon appropriée) car reprise immédiatement.

- Délais de consolidation

L'avancée de la cicatrisation osseuse et la mise en place du cal osseux sont évalués à chaque suivi radiographique afin de déterminer les délais de mise en place du cal osseux et de cicatrisation osseuse complète. La cicatrisation osseuse est considérée comme complète sur le plan radiographique lorsque le trait de fracture n'était plus visualisable sur les deux clichés orthogonaux et qu'au moins trois corticales sur quatre étaient pontées.

- *Complications*

- Complications au niveau des tissus mous :

Ont été noté lors de chaque contrôle l'aspect de la plaie et des tissus mous en regard de la fracture afin de recenser les infections telles que des abcès, des déhiscences de plaie ou des gonflements avec présence de chaleur.

- Complications au niveau du montage d'ostéosynthèse :

Toute déformation, instabilité du foyer de fracture, débricolage ou pose incorrecte du matériel chirurgical nécessitant une reprise, ainsi que toute nouvelle intervention pour dynamisation, modification ou retrait du matériel d'ostéosynthèse ont été relevés.

- Complications au niveau du fût osseux :

Lors de chaque suivi radiographique, nous avons étudié :

- L'alignement et l'apposition des abouts osseux afin de repérer d'éventuelles désaxations ou déformations
- La présence éventuelle d'un cal vicieux
- Des signes de pseudarthrose avec un arrêt de l'évolution de la cicatrisation osseuse

- Complication d'infection osseuse : Ostéomyélite

Nous avons noté la présence de réaction périostée exagérée pouvant être le signe d'ostéomyélites et l'antibiothérapie mise alors en place.

## **B. Analyse statistique**

Notre analyse statistique a été centrée sur l'étude des variables suivantes :

- Le délai de mise en place radiographique du cal osseux,
- Le délai de cicatrisation osseuse et de mise en place radiographique du cal osseux,
- Les scores de boiterie évalués à 1 mois post-opératoire et après cicatrisation osseuse
- Le délai de la reprise d'appui en post opératoire
- Les complications au niveau des tissus mous, du matériel d'ostéosynthèse, du fût osseux (déformation/ désaxation) et les ostéomyélites.

Ces variables sont comparées dans différents effectifs constitués selon différents facteurs d'exposition. Ces facteurs d'exposition sont des variables binaires, qualitatives nominales ou ordinales.



La distribution normale des caractères quantitatifs a été évaluée grâce au test de Kolmogorov-Smirnov. Ainsi, les tests statistiques retenus ont été :

- Le test de Student pour séries non appariées permettant la comparaison de moyennes lorsque nous avons à étudier la corrélation entre une variable quantitative à distribution normale et une variable qualitative binaire (cf annexe tableau 1 pour les comparaisons effectuées).
- Le test de Mann-Whitney permettant la comparaison de médianes lorsque nous avons à étudier la corrélation entre une variable quantitative à distribution non normale et une variable qualitative binaire. (cf annexe tableau 1 pour les comparaisons effectuées).
- Le test de Kruskal-Wallis permettant la comparaison de médianes lorsque nous avons à étudier la corrélation entre une variable quantitative à distribution non normale et une variable qualitative avec au moins trois divisions (cf annexe tableau 1 pour les comparaisons effectuées).
- Le test de chi2 permettant la comparaison de pourcentages de prévalence d'un caractère parmi deux groupes d'animaux lorsque nous avons à étudier la corrélation entre au moins deux variables qualitatives (cf annexe tableau 1 pour les comparaisons effectuées).
- Le test exact de Fisher lorsque le test du Chi2 n'était pas applicable parce qu'au moins un des effectifs attendus sous H0 est inférieur à 5 (cf annexe tableau 1 pour les comparaisons effectuées).

Les analyses statistiques ont toutes été effectuées à l'aide de Microsoft Excel 2019 et du logiciel Graph Pad Prism 9.3.1 (Graph Pad software Inc.).

Le risque d'erreur de première espèce  $\alpha$  a été fixé à 5% pour tous les tests.

Les résultats des différents tests statistiques réalisés ont été consignés en annexe (tableau 1). Le résultat d'un test statistique est jugé significatif lorsque la valeur de p est inférieure à 0,05. Auquel cas, on rejette l'hypothèse nulle sur laquelle il se base au risque d'erreur de 5%.

Les tests significatifs sont donc ceux présents en annexe 7.

## 2. Présentation des résultats

La sélection des cas inclus dans notre étude l'a été de façon rétrospective. Cette sélection a été effectuée à partir d'une population de chats et de chiens ayant déjà consulté à l'ENVA. Aucune démarche thérapeutique ou de suivi n'a donc été mise en place au préalable, ce qui aurait pu permettre de standardiser la prise en charge des cas et de préciser certaines données telles que le grade d'ouverture des fractures qui fut limitant dans notre étude par exemple. Au total, soixante-quinze chats et soixante-huit chiens ont été pris en charge chirurgicalement pour une fracture tibiale à l'ENVA au cours de la période choisie pour notre étude mais seuls 26 chats et 29 chiens ont rempli les critères d'inclusion.

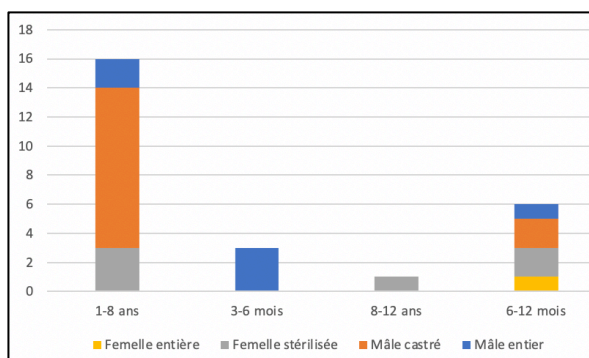
### A. Données épidémiologiques

#### a. Les animaux

- *Les chats*

Parmi les 26 chats inclus dans l'étude, 22 étaient de race européenne soit 84% d'entre eux. Il y avait une femelle entière, six femelles stérilisées, treize mâles castrés et six mâles entiers. La moyenne d'âge était de 2,5 ans.

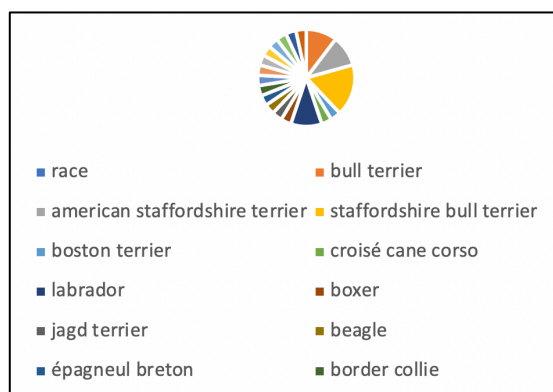
**Figure 5: Graphique représentant la répartition des chats de l'étude en fonction de leur âge (en mois) et de leur statut reproducteur**



- *Les chiens*

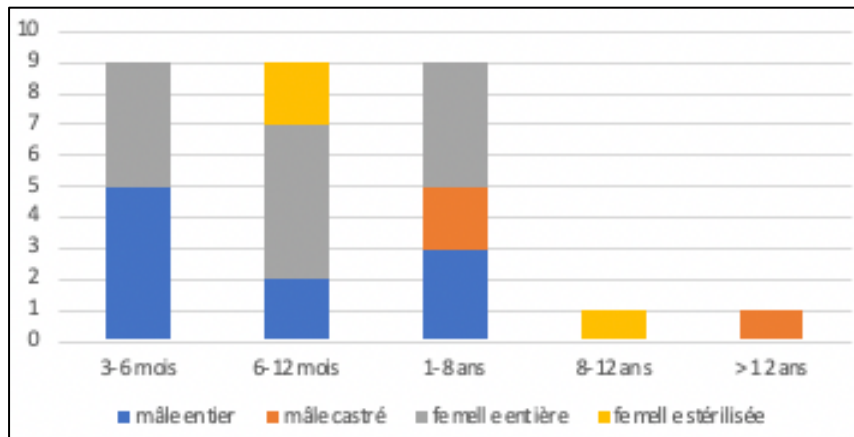
Onze races étaient représentées parmi les 29 chiens inclus dans l'étude.

**Figure 6: Graphique représentant la répartition des chiens de l'étude en fonction de leur race**



Dans l'étude ont été inclus, 13 femelles entières, 3 femelles stérilisées, 3 mâles castrés et 10 mâles entiers.

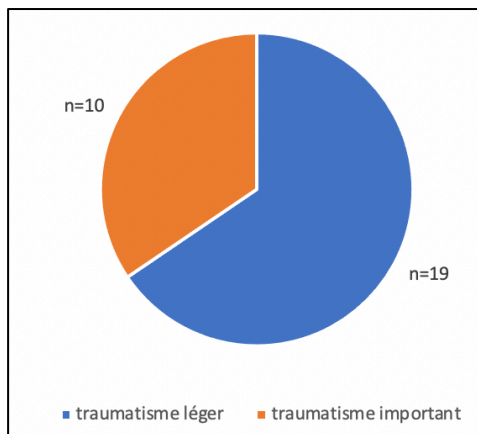
**Figure 7: Graphique représentant la répartition des chiens en fonction de leur âge (en mois) et de leur statut reproducteur**



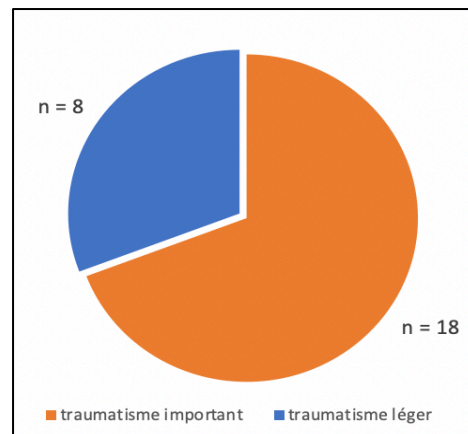
**b. 2.1.2) Le mode de survenue de la fracture**

L'intensité du traumatisme a été dichotomisée : les traumatismes importants et les traumatismes légers. Ont été considérés comme traumatismes légers les fractures survenues au cours d'une course, d'un jeu ou d'un saut de moins de 1m de haut pour les chiens et de moins de 2,5 mètres pour les chats ; et ont été considérés comme traumatismes importants les fractures survenues à la suite d'un accident de la voie publique, un saut de hauteur supérieure ou un jeu violent chez les chiens.

**Figure 8: Graphique représentant la répartition des chiens de l'étude en fonction de l'intensité du traumatisme à l'origine de la fracture**



**Figure 9: Graphique représentant la répartition des chats de l'étude en fonction de l'intensité du traumatisme à l'origine de la fracture**



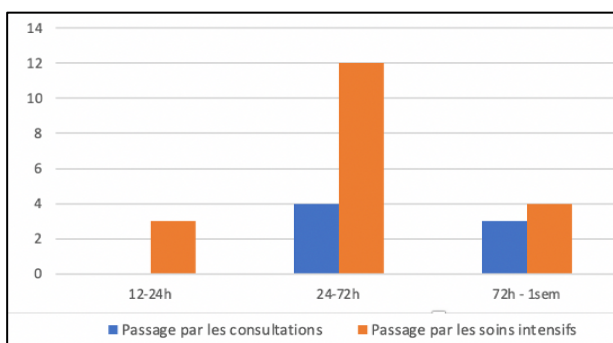
Trente-quatre pourcent des fractures chez les chiens faisaient suite à un traumatisme important contre 69% chez les chats (en majorité des chats parachutistes).

## B. Données cliniques pré-opératoires

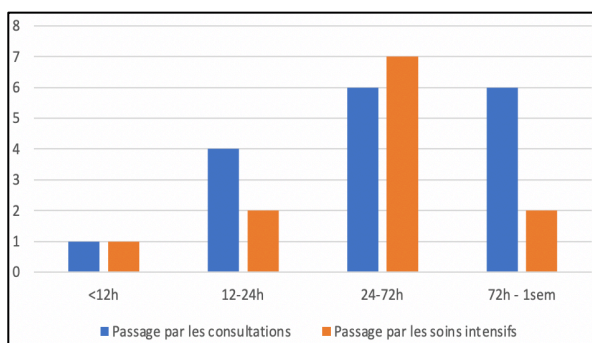
### a. Prise en charge

Que ce soit pour les chats ou les chiens, la majorité des animaux ont été pris en charge chirurgicalement entre 24 et 72h après la survenue de leur fracture. 59% des chiens et 27% des chats sont passés par les consultations, les autres par les urgences-soins intensifs.

**Figure 10: Graphique représentant le délai de prise en charge chirurgicale après le traumatisme à l'origine de la fracture tibiale en fonction du circuit de prise en charge chez les chats.**



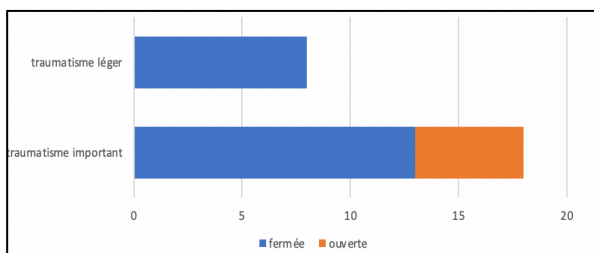
**Figure 11: Graphique représentant le délai de prise en charge chirurgicale après le traumatisme à l'origine de la fracture tibiale en fonction du circuit de prise en charge chez les chiens.**



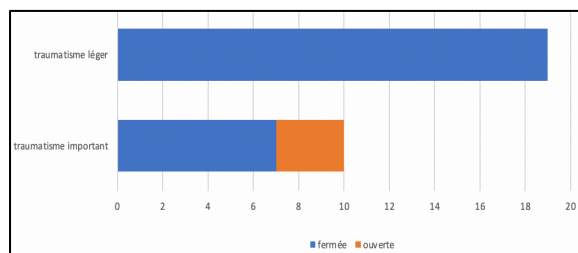
### b. Caractère ouvert ou fermé des fractures

Vingt-huit pour cent des chats présentaient à l'admission une fracture ouverte (n=5) et 10% des chiens (n=3). Aussi bien chez les chiens que chez les chats, 100% des fractures ouvertes étaient dues à un traumatisme important.

**Figure 12: Graphique représentant la répartition des fractures ouvertes et fermées chez les chats en fonction de l'intensité du traumatisme à leur origine.**



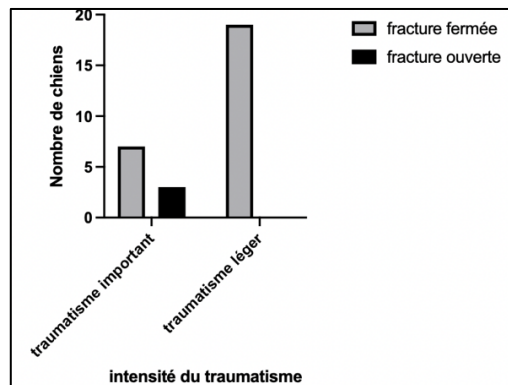
**Figure 13: Graphique représentant la répartition des fractures ouvertes et fermées chez les chiens en fonction de l'intensité du traumatisme à leur origine.**



Tous les chats et les chiens présentés avec une fracture tibiale présentent une boiterie de grade 5 au pas. Seuls 2 chiens et 2 chats avaient un appui au repos et pour ces quatre animaux, la fracture était fermée.

Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens présentant une fracture du tibia, il existe une association entre l'intensité du traumatisme à l'origine de la fracture (léger ou important) et le caractère ouvert ou fermé de cette dernière, au risque d'erreur de 5% ( $p=0,034$ ). Concernant les chats de l'étude, le test statistique testant cette corrélation s'est révélé non significatif au risque d'erreur de 5%.

**Figure 14: Histogramme présentant l'influence de l'intensité du traumatisme à l'origine de la fracture tibiale sur le caractère ouvert ou fermé de cette fracture chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher).**

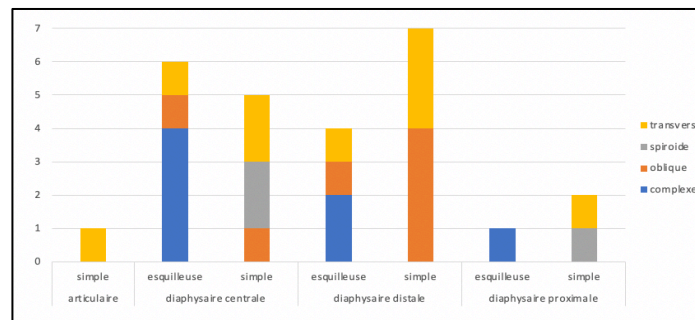


### C. Données radiographiques pré-opératoires

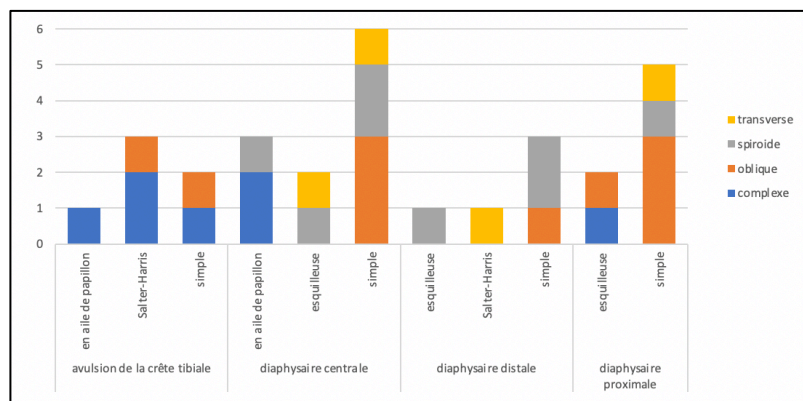
#### a. Localisation, morphologie et orientation des fractures

Les fractures étaient presque toutes exclusivement diaphysaires 23 des chiens et 25 des chats. Les fractures par avulsion de la crête tibiale ne sont retrouvées que chez le chien (n=6), de même que les fractures de Salter-Harris (n= 4). Chez le chien, les fractures diaphysaires étaient simples, en aile de papillon ou esquilleuses tandis que chez le chat, elles n'étaient que simples ou esquilleuses.

**Figure 15: Graphique représentant la répartition des fractures par localisation sur l'os, morphologie et orientation chez les chats.**



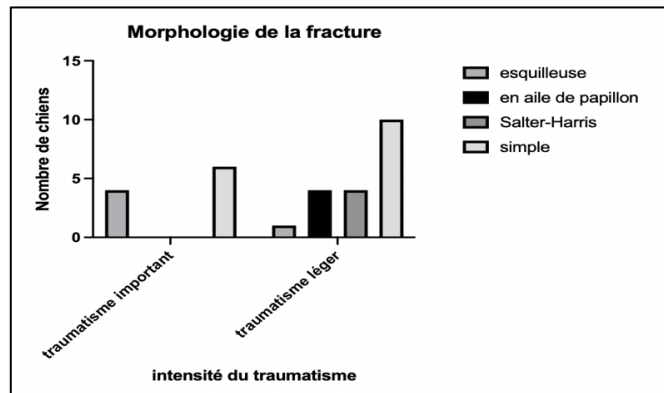
**Figure 16: Graphique représentant la répartition des fractures par localisation sur l'os, morphologie et orientation chez les chiens.**



Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre l'intensité du traumatisme à l'origine de la fracture (léger ou important) et la morphologie de cette fracture (simple, esquilleuse, spiroïde ou complexe) au risque

d'erreur de 5% ( $p=0,04$ ). Chez le chat, aucune corrélation ne s'est révélée significative au risque d'erreur 5% entre l'intensité du traumatisme et la morphologie de la fracture.

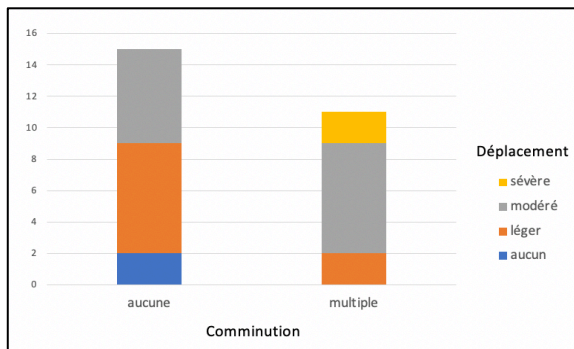
**Figure 17: Histogramme présentant l'influence de l'intensité du traumatisme à l'origine de la fracture tibiale sur la morphologie de cette fracture chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher).**



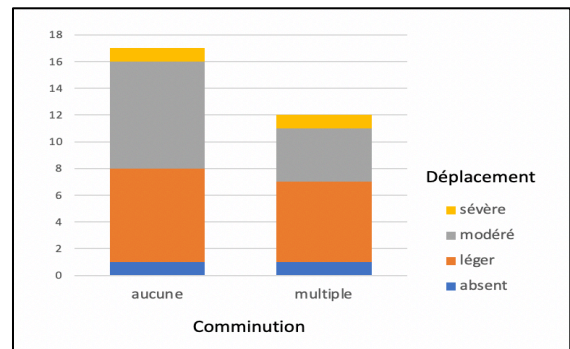
**b. Comminution des fractures et déplacements relatifs des bouts fracturaires**

La majorité des fractures aussi bien chez le chien que chez le chat étaient non comminutives (57% chez le chat et 58% chez le chien). Chez le chat, le déplacement relatif des bouts fracturaires semblait être plus important lors de fractures comminutives.

**Figure 18: Graphique représentant la répartition des fractures en fonction de leur comminution et du déplacement des bouts fracturaires chez les chats.**



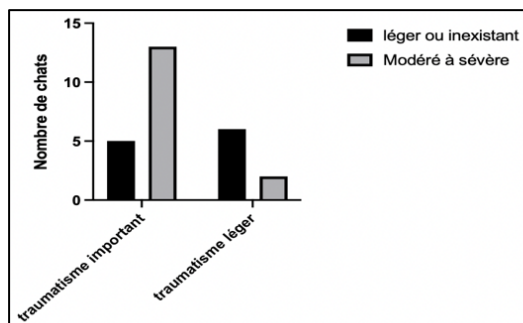
**Figure 19: Graphique représentant la répartition des fractures en fonction de leur comminution et du déplacement des bouts fracturaires chez les chiens.**



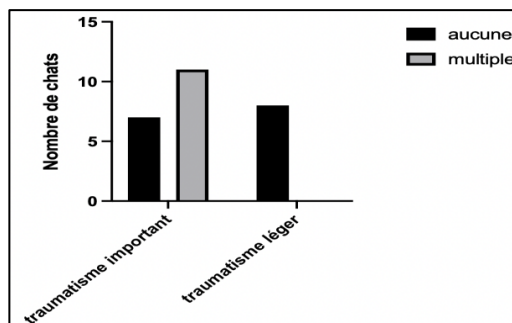
Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chats présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre l'intensité du traumatisme (léger ou important) et le déplacement des bouts fracturaires (Léger ou absent vs modéré à sévère) au risque d'erreur de 5% ( $p=0,03$ ) mais aussi entre l'intensité du traumatisme et la comminution de la fracture (présente ou absente) ( $p=0,007$ ). Chez les chiens, les tests statistiques se sont révélés non significatifs au risque d'erreur 5%.



**Figure 20: Histogramme présentant l'influence de l'intensité du traumatisme à l'origine de la fracture tibiale sur le déplacement relatif des abuts fracturaires chez les chats de l'étude et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher).**

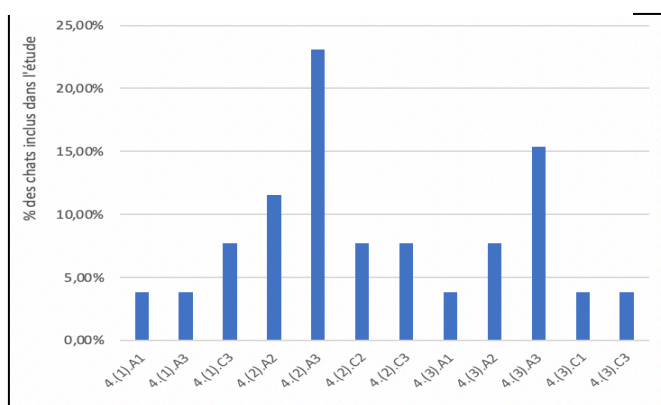


**Figure 21: Histogramme présentant l'influence de l'intensité du traumatisme à l'origine de la fracture tibiale sur la comminution de cette dernière chez les chats de l'étude et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher).**

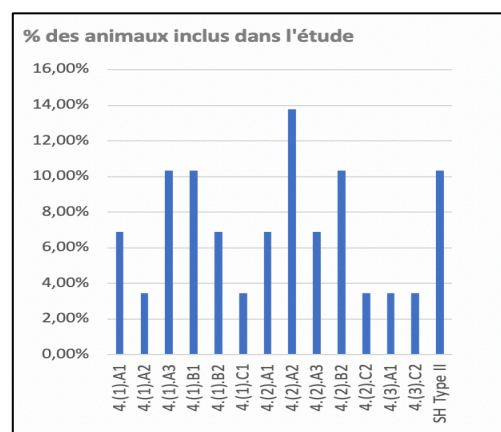


### c. Classification de l'AOVet

**Figure 22: Graphique représentant la répartition des fractures des chats selon la classification AOVet.**



**Figure 23: Graphique représentant la répartition des fractures des chiens selon la classification AOVet.**

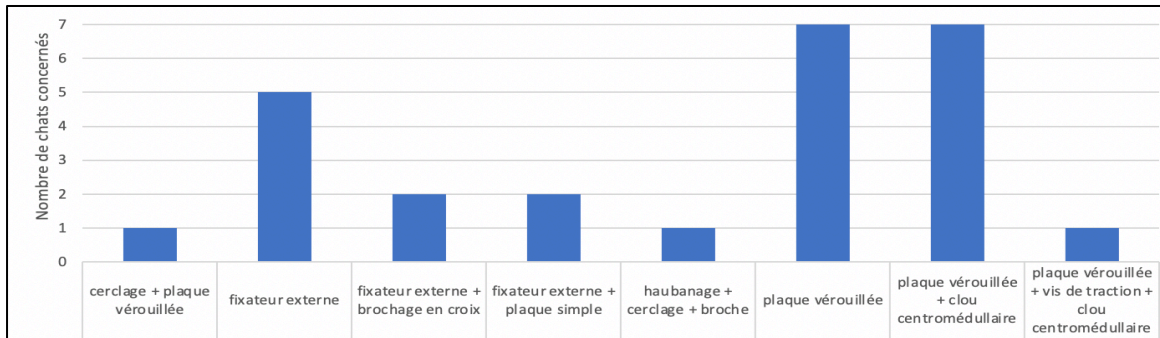


## D. Prise en charge chirurgicale

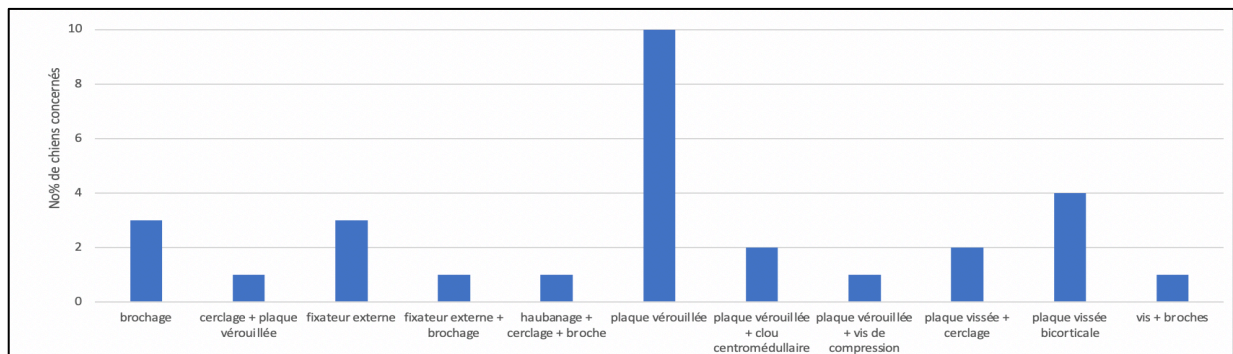
### a. Technique d'ostéosynthèse

Les fractures ont été traitées chirurgicalement par différents matériels d'ostéosynthèse. Les deux principaux retrouvés sont la plaque verrouillée et le fixateur externe associés ou non à d'autres matériels comme des clous centromédullaires, des vis de traction ou encore des brochages. 61% des chats et 69% des chiens ont été pris en charge par la mise en place d'une plaque verrouillée et respectivement 35% des chats et 14% des chiens par la pose d'un fixateur externe.

**Figure 24: Graphique représentant la répartition des chats en fonction de la technique d'ostéosynthèse utilisée.**



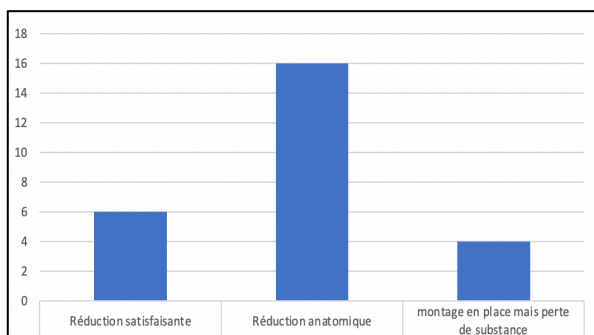
**Figure 25: Graphique représentant la répartition des chiens en fonction de la technique d'ostéosynthèse.**



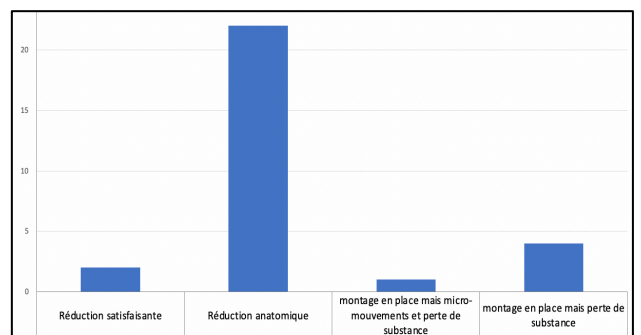
**b. Qualité de la réduction**

Pour la majorité des animaux : 61% des chats (n= 16) et 76% des chiens (n= 22), la réduction de la fracture était anatomique. Pour respectivement 23% des chats (n= 6) et 7% des chiens (n= 2) elle était satisfaisante et pour 15% des chats (n = 4) et 17% des chiens (n= 5), on observait une perte de substance osseuse entre les deux abuts fracturaires.

**Figure 26: Graphique représentant la répartition des chats en fonction de la qualité de la réduction chirurgicale de leur fracture.**



**Figure 27: Graphique représentant la répartition des chiens en fonction de la qualité de la réduction chirurgicale de leur fracture.**



**c. Présence ou non d'un enseignant chercheur**

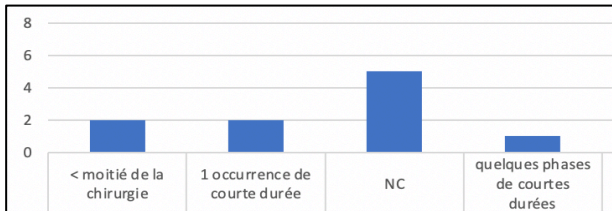
Chez les chats, un enseignant chercheur était présent lors de la chirurgie de 50% d'entre eux. Chez les chiens, il y avait un enseignant chercheur lors de 51,5% des chirurgies.



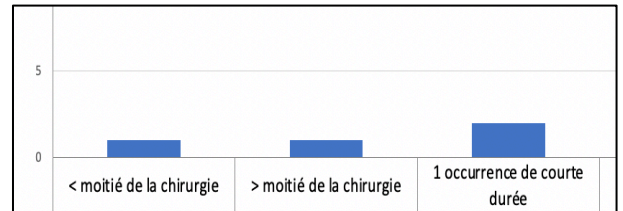
### d. Anesthésie

Dans notre étude, 5 chats et 4 chiens ont été concernés par des hypotensions per-anesthésiques de durée plus ou moins importante.

**Figure 28: Graphique représentant la répartition des chats en fonction des épisodes d'hypotension per-anesthésiques.**



**Figure 29: Graphique représentant la répartition des chiens en fonction des épisodes d'hypotension per-anesthésiques.**



## E. Prise en charge du post opératoire-immédiat

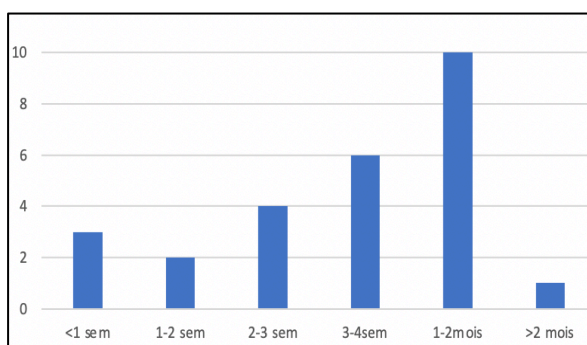
### a. Analgésie post-opératoire

Sur les 26 chats de l'étude, 23 ont reçu des morphiniques dans les 24 heures post-opératoires tandis que sur les 29 chiens, 20 en ont reçu. Les autres n'ont reçu que des AINS car leur score de douleur était faible.

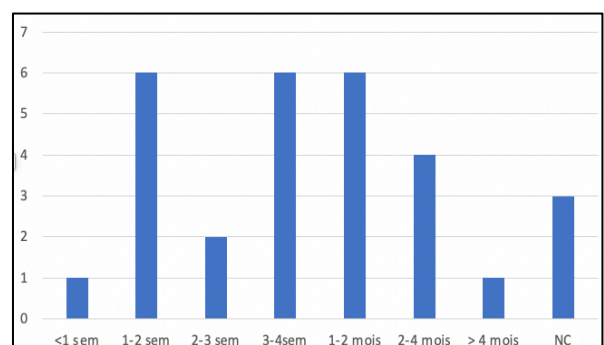
### b. Temps de respect du repos strict

Chez les chats, le temps de repos moyen était de 4 semaines avec une médiane à 4 semaines également contre un temps de repos moyen de 6 semaines chez les chiens avec une médiane à 4 semaines également. Le temps de repos prescrit dépendait du délai de cicatrisation osseuse complète avec un minimum de 1 mois. Les recommandations étant de respecter le repos jusqu'à la cicatrisation osseuse complète. Dans notre étude, le temps de repos strict correspond à celui respecté en pratique.

**Figure 30: Graphique représentant la répartition des chats en fonction du temps de repos strict en post-chirurgical qu'ils ont respecté.**



**Figure 31: Graphique représentant la répartition des chiens en fonction du temps de repos strict en post-chirurgical qu'ils ont respecté.**

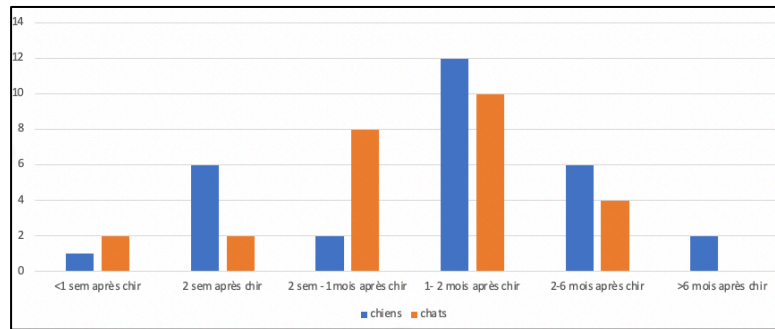


## F. Évolution post-opératoire

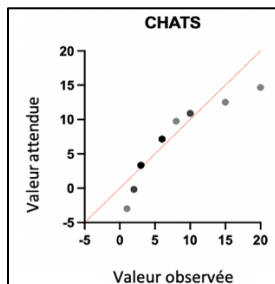
### a. Délais de reprise d'appui

La répartition des animaux en fonction du délai de reprise d'appui en post-chirurgical ne semble pas suivre de loi normale ni pour les chiens ni pour les chats. Néanmoins, le délai de reprise d'appui moyen est de 5 semaines chez le chat et 8 semaines chez le chien avec une médiane comprise entre 1 et 2 mois post-chirurgie pour les deux espèces.

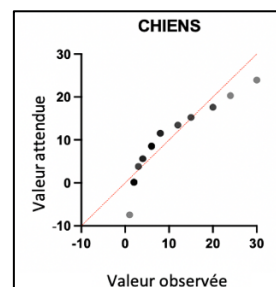
**Figure 32: Graphique représentant la répartition des chiens et des chats en fonction de leur délai de reprise d'appui après la chirurgie.**



**Figure 33: Graphique représentant la répartition des chats en fonction de leur délai de reprise d'appui après la chirurgie.**

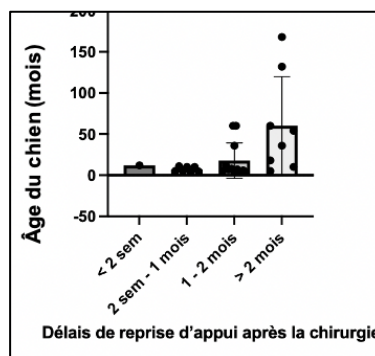


**Figure 34: Graphique représentant la répartition des chiens en fonction de leur délai de reprise d'appui après la chirurgie.**



Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens présentant une fracture du tibia, au risque d'erreur de 5%, il y existe une association réelle entre l'âge de l'animal et le délais de reprise d'appui (<1 mois vs > 2 mois,  $p=0,014$  ; 1- 2 mois vs > 2 mois,  $p=0,03$ ).

**Figure 35: Histogramme présentant la répartition des chiens de l'étude en fonction du délai de leur reprise d'appui en post-chirurgical et de leur âge (test de Mann-Whitney).**

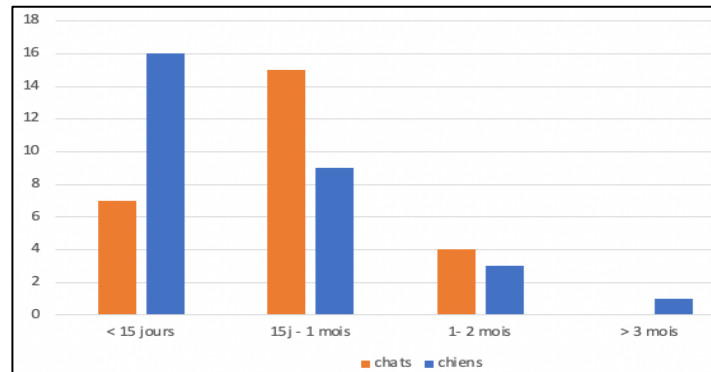


Chez les chats de l'étude, aucune relation n'a pu être mise en évidence de manière significative entre les différents facteurs de risque étudiés et le délai de reprise d'appui de l'animal en post-chirurgical.

### b. Délais de mise en place du cal osseux

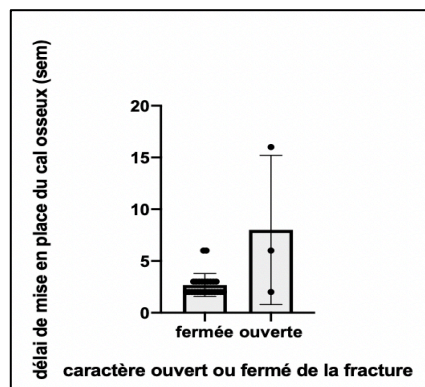
Le délai moyen de premiers signes radiographiquement visibles de mise en place du cal osseux au contrôle radiographique était de 1 mois chez le chat et de 3 semaines chez le chien avec des médiane de respectivement 1 mois et 15 jours. Aucun chat n'a eu un délai de mise en place du cal osseux de plus de 2 mois contrairement aux chiens chez lesquels un sujet a eu un délai de plus de 3 mois (3,5 mois). 85% des chats (n= 22) et 86% des chiens (n= 25) ont eu un délai de mise en place du cal inférieur à 1 mois.

**Figure 36: Graphique représentant la répartition des chats et des chiens en fonction du délai d'apparition des premiers signes radiographiques de mise en place du cal osseux après réduction chirurgicale de la fracture.**



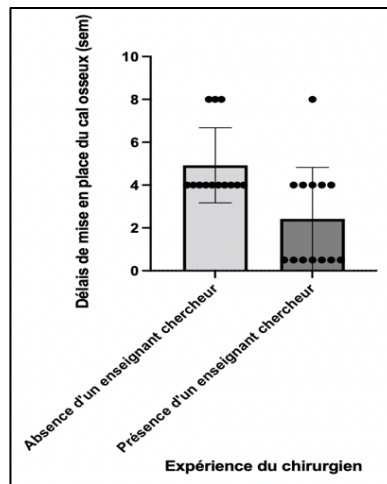
Chez les chiens de l'étude, bien que le test statistique correspondant n'ait pas permis de mettre en évidence une corrélation au risque d'erreur 5% entre le caractère ouvert ou fermé de la fracture et le délai d'apparition du cal osseux, une nette tendance peut être observée dans le sens d'une mise en place plus rapide de ce cal lors de fractures fermées.

**Figure 37: Histogramme présentant l'influence du caractère ouvert ou fermé de la fracture sur le délai de mise en place du cal osseux en semaines chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test de Mann Whitney).**



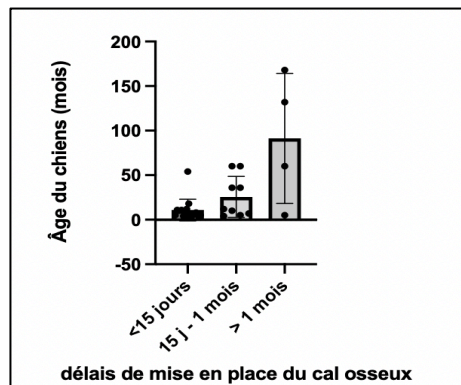
Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chats présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre la présence ou non un enseignant chercheur lors de la chirurgie et le délai de mise en place du cal osseux au risque d'erreur de 5% (p=0,006).

**Figure 38: Histogramme présentant l'influence de la présence d'un enseignant chercheur pendant la chirurgie sur le délai de mise en place du cal osseux en semaines chez les chats de l'étude, et généré par le test statistique associé (test de Student).**



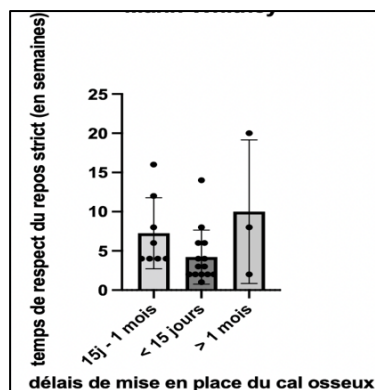
Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre l'âge de l'animal et le délai de mise en place du cal osseux (<15 jours vs > 1 mois) au risque d'erreur de 5% ( $p=0,049$ ).

**Figure 39: Histogramme présentant la répartition des chiens en fonction du délai de mise en place du cal osseux après la chirurgie et de leur âge (test de Mann-Whitney).**



Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre le temps de respect du repos strict en post-opératoire et le délai de mise en place du cal osseux (<15 jours vs >15 jours) au risque d'erreur de 5% ( $p=0,05$ ).

**Figure 40: Histogramme présentant la répartition des chiens de l'étude en fonction du temps de repos strict respecté en post-opératoire et du délai de mise en place du cal osseux chez ces chiens, et généré par le test statistique associé (test de Mann-Whitney).**



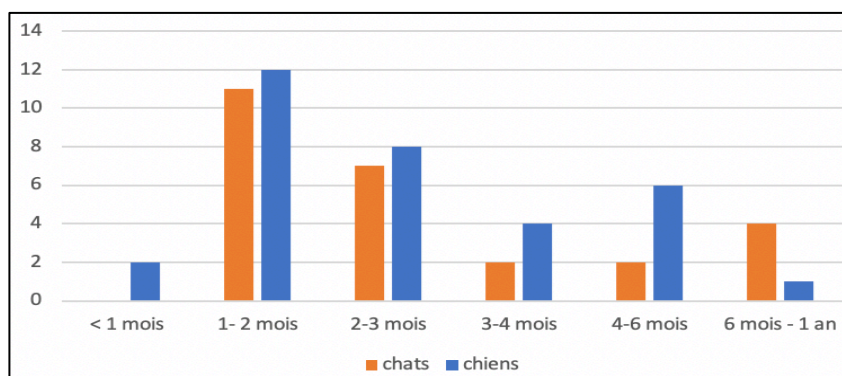


Mis à part la présence d'un enseignant chercheur chez le chat et l'âge de l'animal et le temps de respect du repos strict chez le chien, notre étude n'a pas permis de mettre en évidence d'autres relations de manière significative entre les différents facteurs de risque étudiés et le délai de mise en place du cal osseux sur la base radiographique.

### c. Délais de consolidation osseuse

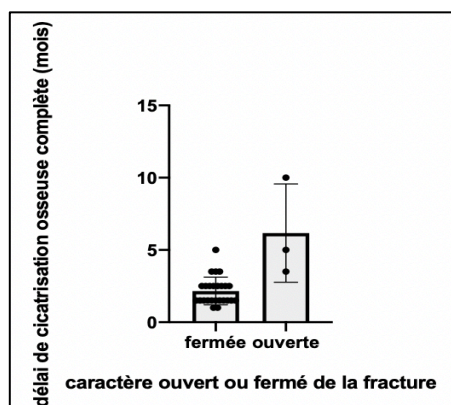
En moyenne, la cicatrisation osseuse a été observée chez les chats 3,6 mois après l'intervention et 2,8 mois chez les chiens ; avec une médiane de respectivement 2,5 et 2 mois. A 4 mois, 77% des chats (n=20) et 89% des chiens (n= 22) avait atteint la cicatrisation osseuse complète.

**Figure 41: Graphique représentant la répartition des chats et des chiens en fonction du délai de cicatrisation osseuse après réduction chirurgicale de la fracture.**



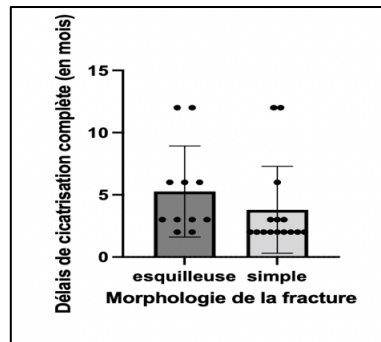
Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre le caractère ouvert ou fermé de la fracture et le délai de cicatrisation complète de la fracture (en mois) après prise en charge chirurgicale au risque d'erreur de 5% ( $p=0,003$ ).

**Figure 42: Histogramme présentant l'influence du caractère ouvert ou fermé de la fracture tibiale sur le délai de cicatrisation osseuse complète chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test de Mann-Whitney).**



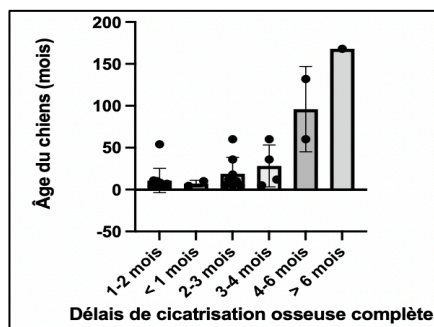
Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chats présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre la morphologie de la fracture (simple vs esquilleuse) et le délai de cicatrisation complète de la fracture (en mois) ( $p=0,05$ ).

**Figure 43: Histogramme présentant l'influence de la morphologie de la fracture tibiale sur le délai de cicatrisation osseuse complète chez les chats de l'étude, et généré par le test statistique associé (test de Mann-Whitney).**



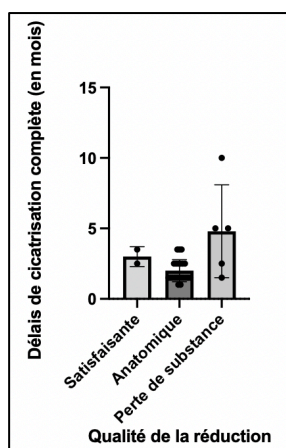
Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre l'âge de l'animal et le délai de cicatrisation osseuse complète (<3mois vs > 3 mois) au risque d'erreur de 5% ( $p=0,0048$ ).

**Figure 44: Histogramme présentant la répartition des chiens en fonction du délai de cicatrisation osseuse complète après la chirurgie et de leur âge (test de Mann-Whitney).**



Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre le délai de cicatrisation complète de la fracture et la qualité de la réduction de la fracture (anatomique ou avec une perte de substance à l'origine d'un défaut d'apposition des segments osseux) au risque d'erreur de 5% ( $p=0,05$ ).

**Figure 45: Histogramme présentant l'influence de la qualité de la réduction de la fracture tibiale sur le délai de cicatrisation osseuse complète chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test de Mann-Whitney).**





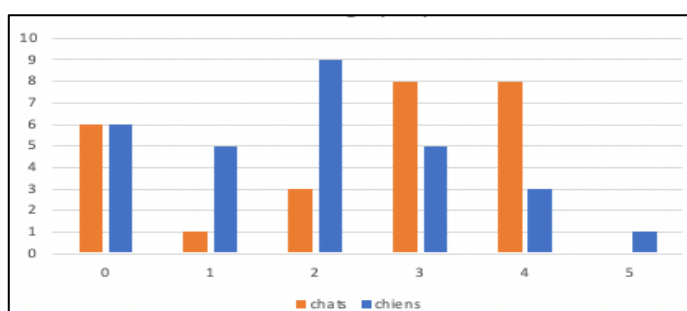
Notre étude a permis de mettre en évidence comme facteurs de risques significativement corrélés au délai de cicatrisation osseuse complète, la morphologie de la fracture (simple vs esquilleuse) chez le chat et l'âge de l'animal ainsi que la qualité de la réduction de la fracture (anatomique ou avec une perte de substance à l'origine d'un défaut d'apposition des segments osseux) chez le chien.

#### d. Évolution de la boiterie

- A un mois post-opératoire

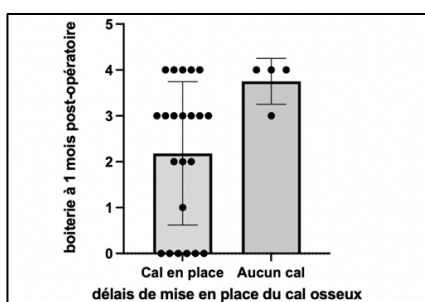
Un mois après l'intervention chirurgicale, seuls 23% des chats (n=6) et 21% des chiens (n=6) ne présentaient plus aucune boiterie. 61% des chats et 31% des chiens présentent encore une boiterie de degré égal ou supérieur à 3. Aucun chat ne présentait de boiterie sans appui et permanente (degré 5) à ce stade alors que c'était le cas pour un chien.

**Figure 46: Graphique représentant la répartition des chats et des chiens en fonction du grade de leur boiterie à 1 mois post-opératoire.**



Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chats présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre la présence ou non d'un cal osseux lors du contrôle à 1 mois post-opératoire et le grade de la boiterie lors de ce même contrôle au risque d'erreur de 5% ( $p=0,05$ ).

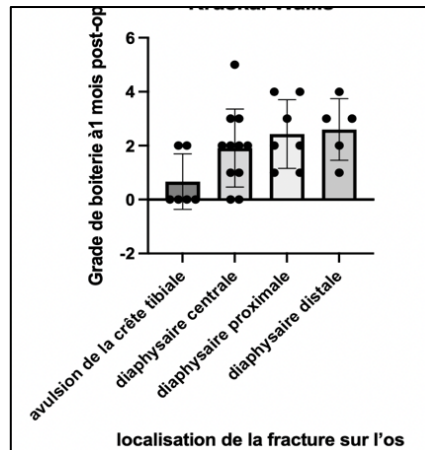
**Figure 47: Histogramme présentant l'influence de la présence ou non d'un cal osseux sur le score de boiterie à un mois post-opératoire chez les chats de l'étude, et généré par le test statistique associé (test de Mann-Whitney).**



Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre le fait que la fracture soit localisée à l'extrémité de la diaphyse (distale ou proximale) ou qu'il s'agisse d'une avulsion de la crête tibiale et le grade de la boiterie à 1 mois post-opératoire de la boiterie au risque d'erreur de 5% ( $p=0,02$ ).



**Figure 48: Histogramme présentant l'influence de la localisation de la fracture sur l'os tibial sur le grade de la boiterie du membre concerné à un mois post-opératoire chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test de Mann-Whitney).**

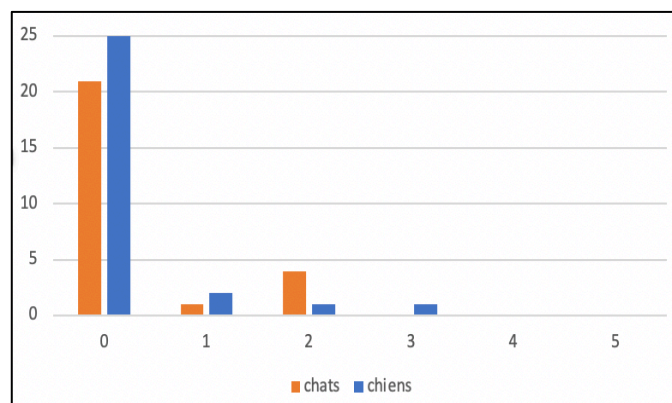


Notre étude a donc permis de mettre en évidence une influence de la présence ou non d'un cal osseux en formation lors du contrôle à 1 mois post-opératoire et le grade de la boiterie lors de ce même contrôle chez le chat ainsi que l'influence de la localisation de la fracture sur le tibia (extrémité de la diaphyse (distale ou proximale) ou une avulsion de la crête tibiale) sur le grade de la boiterie à 1 mois post-opératoire chez le chien.

- *Après cicatrisation osseuse complète*

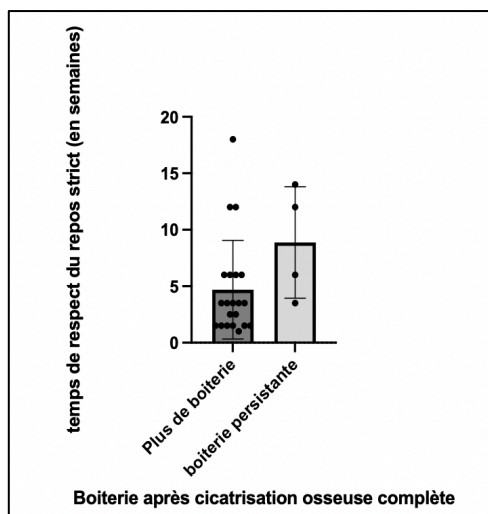
Au moment où la cicatrisation osseuse était documentée, 81% des chats (n=21) et 86% des chiens (n=25) ne présentaient plus aucune boiterie. Deux chiens présentaient une boiterie chronique de degré 1, un de degré 2 et un de degré 3 et quatre chats présentaient une boiterie chronique de degré 2 et un de degré 1.

**Figure 49: Graphique représentant la répartition des chats et des chiens en fonction du grade de leur boiterie après cicatrisation osseuse complète.**



Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre le temps de respect du repos strict en post-opératoire et le fait d'avoir une boiterie chronique persistante après cicatrisation osseuse complète au risque d'erreur de 5% ( $p=0,05$ ).

**Figure 50: Histogramme présentant la répartition des chiens de l'étude en fonction du temps de repos strict respecté en post-opératoire et de la persistance d'une boiterie chronique après cicatrisation osseuse complète chez ces chiens, et généré par le test statique associé (test de Student).**

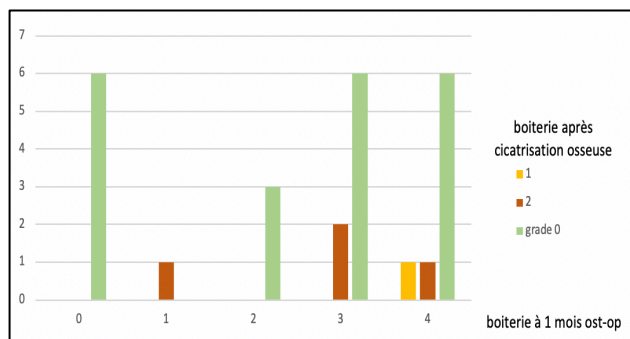


Chez les chats de l'étude, aucune relation n'a pu être mise en évidence de manière significative entre les différents facteurs de risque étudiés et l'existence ou non d'une boiterie chronique persistante.

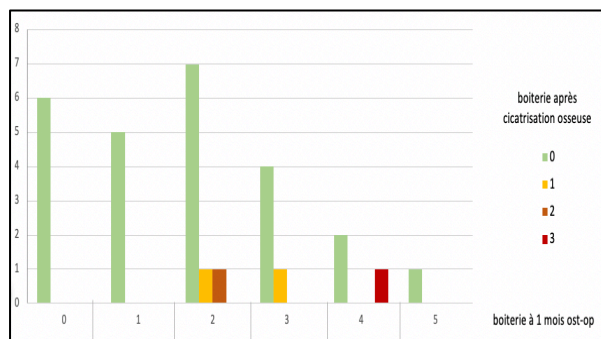
- *Influence du degré de boiterie à 1 mois post-op sur l'existence d'une boiterie chronique*

Aucune boiterie ne s'est aggravée entre le contrôle à 1 mois post-opératoire et la cicatrisation osseuse complète ; elles se sont toutes améliorées avec une réduction d'au moins un degré de boiterie dans tous les cas aussi bien chez le chien que chez le chat. Néanmoins, le grade de la boiterie à 1 mois post-opératoire n'a pas semblé avoir de valeur pronostique sur celui après cicatrisation osseuse complète ; une boiterie de degré 4 à 1 mois post-opératoire pouvant être de degré 1 après cicatrisation osseuse tandis qu'une boiterie de degré 3 à 1 mois pouvant encore être de degré 2 après cicatrisation osseuse complète.

**Figure 51: Graphique représentant la boiterie après cicatrisation osseuse complète en fonction de la boiterie à 1 mois post-opératoire chez les chats.**



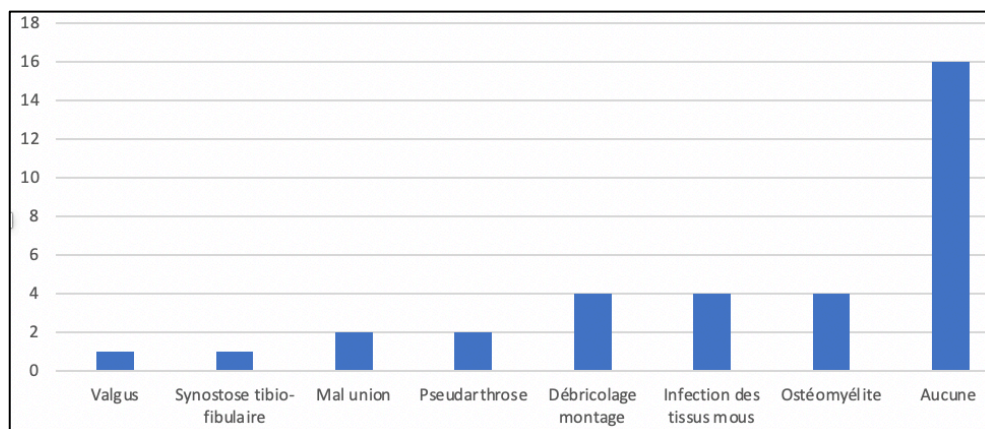
**Figure 52: Graphique représentant la boiterie après cicatrisation osseuse complète en fonction de la boiterie à 1 mois post-opératoire chez les chiens.**



### e. Complications

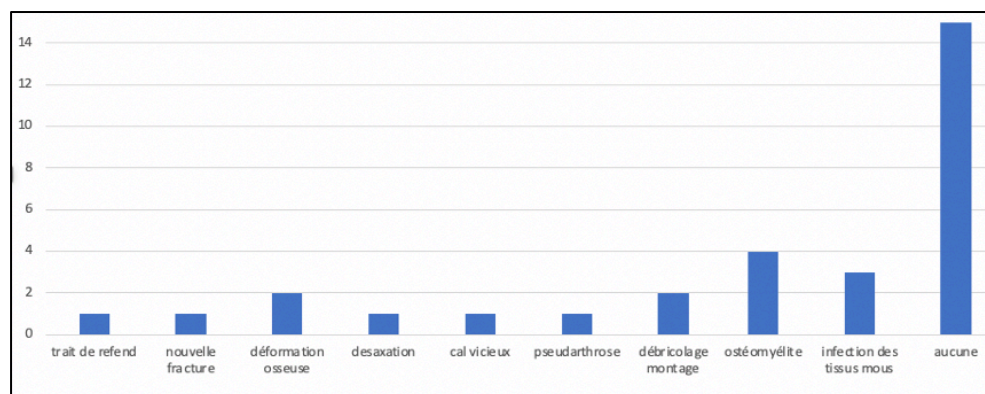
Chez les chats, ont été recensées 69% de complications réparties sur 34% des chats : 4 infections des tissus mous, 4 ostéomyélites, 2 déformations osseuses (un valgus et une synostose tibio-fibulaire), 2 mal unions et 2 pseudarthroses traitées par greffes osseuses, 4 débricolages de montage.

**Figure 53: Graphique représentant les complications concernant les tissus mous, le matériel d'ostéosynthèse, le fût osseux et les ostéomyélites chez les chats de l'étude.**



Chez les chiens, ont été recensés 55% de complications réparties chez 48% des chiens : 2 nouvelles fractures (1 trait de refend et une fracture proximale au montage), 2 déformations osseuses, 1 désaxation, 1 cal vicieux, 1 pseudarthrose traitée par greffe osseuse, 2 débricolages de montage, 4 ostéomyélites et 3 infections des tissus mous.

**Figure 54: Graphique représentant les complications concernant les tissus mous, le matériel d'ostéosynthèse, le fût osseux et les ostéomyélites chez les chiens de l'étude.**

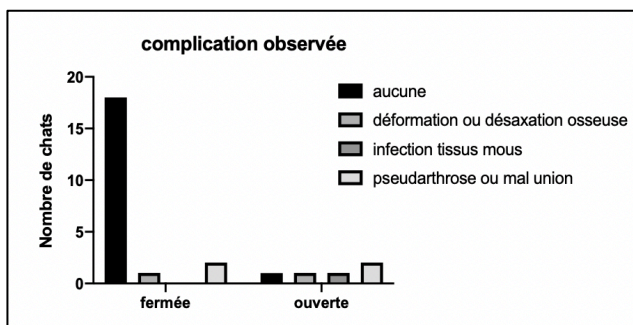


Chez 61% des chats (n=16) et 52% des chiens (n=15), aucune complication de type atteinte des tissus mous, atteinte au niveau du montage ou atteinte osseuse n'a été observée au cours des différents contrôles réalisés.

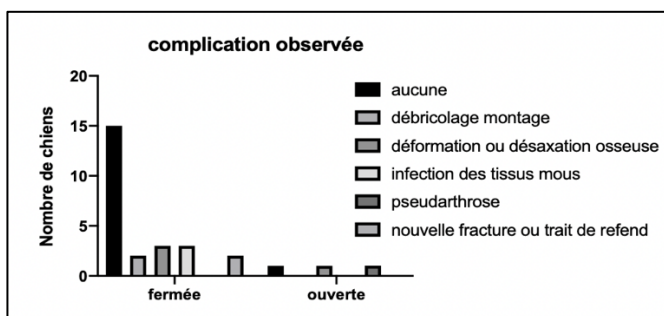
- *Influence des caractéristiques de la fracture*

Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens et les chats présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre le caractère ouvert ou fermé de la fracture et le risque de pseudarthrose ou de mal union en post-opératoire au risque d'erreur de 5% ( $p=0,05$  pour les chiens et  $p=0,03$  pour les chats).

**Figure 55: Histogramme présentant l'influence du caractère ouvert ou fermé de la fracture sur la survenue ou non de complications en post-opératoire chez les chats de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher).**

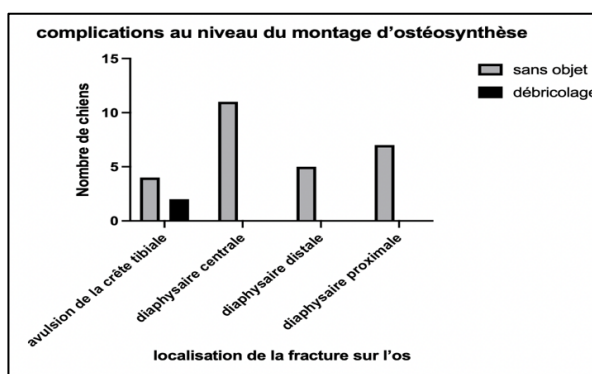


**Figure 56: Histogramme présentant l'influence du caractère ouvert ou fermé de la fracture sur la survenue ou non de complications en post-opératoire chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher).**



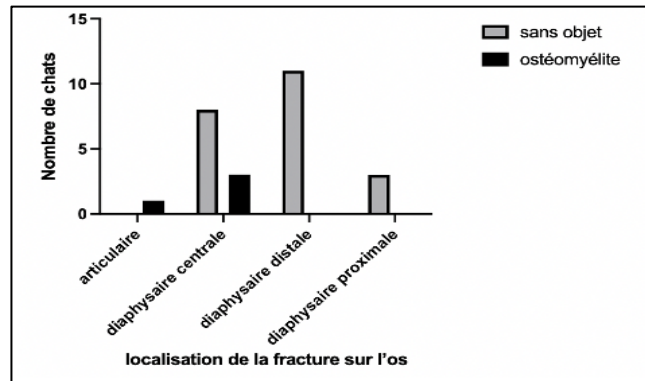
Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre la localisation de la fracture sur l'os (diaphysaire vs avulsion de la crête tibiale) et le fait qu'il y ait la survenue d'un débricolage du montage d'ostéosynthèse en post-opératoire ou non au risque d'erreur de 5% ( $p=0,001$ ).

**Figure 57: Histogramme présentant l'influence de la localisation de la fracture sur l'os tibial sur la survenue ou non d'un débricolage du montage d'ostéosynthèse en post-opératoire chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher).**



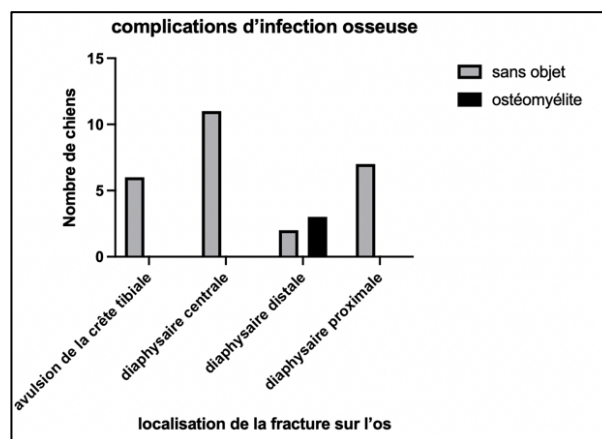
Parmi les chats inclus dans l'étude, le pourcentage de chats ayant développé une ostéomyélite en post-opératoire parmi les chats pour lesquels la fracture était articulaire, celui parmi les chats pour lesquels la fracture était diaphysaire centrale, celui parmi les chats pour lesquels la fracture était diaphysaire distale et celui parmi les chats pour lesquels la fracture était diaphysaire proximale étaient significativement différents au risque d'erreur de 5% ( $p=0,02$ ).

**Figure 58: Histogramme présentant l'influence de la localisation de la fracture sur l'os tibial, sur la survenue d'une ostéomyélite en post-opératoire chez les chats de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher).**



Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre le fait que la fracture soit localisée sur la diaphyse distale et le fait qu'il y ait développement d'une ostéomyélite en post-opératoire au risque d'erreur de 5% ( $p=0,0027$ ).

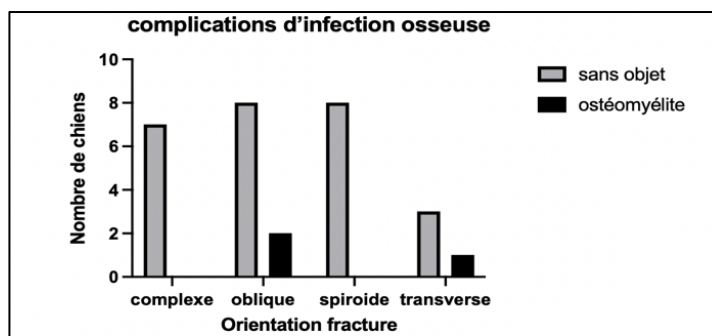
**Figure 59: Histogramme présentant l'influence de la localisation de la fracture sur l'os tibial sur la survenue ou non d'une ostéomyélite en post-opératoire chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher).**



Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre l'orientation de la fracture (oblique ou transverse vs spiroïde ou complexe) et le fait qu'il y ait développement ou non d'une ostéomyélite en post-opératoire au risque d'erreur de 5% ( $p=0,01$ ).

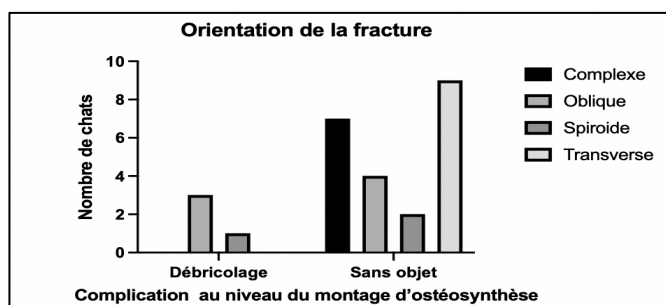


**Figure 60: Histogramme présentant l'influence de l'orientation de la fracture sur l'os tibia sur la survenue ou non d'une ostéomyélite en post-opératoire, et généré par le test statistique associé (test du Chi2).**



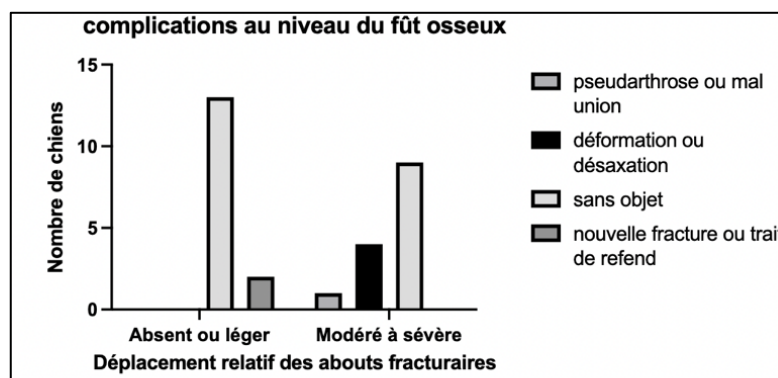
Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chats présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre la survenue d'un débricolage du montage d'ostéosynthèse et l'orientation de la fracture (oblique vs transverse) au risque d'erreur de 5% ( $p=0,05$ ).

**Figure 61: Histogramme présentant l'orientation de la fracture tibiale en fonction de l'apparition ou non d'un débricolage du montage d'ostéosynthèse en post-opératoire chez les chats de l'étude, et généré par le test statistique associé (test du Chi2).**



Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chiens présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre le déplacement relatif des bouts fracturaires et le fait qu'il y ait une déformation ou désaxation du fût osseux en post-opératoire au risque d'erreur de 5% ( $p=0,007$ ).

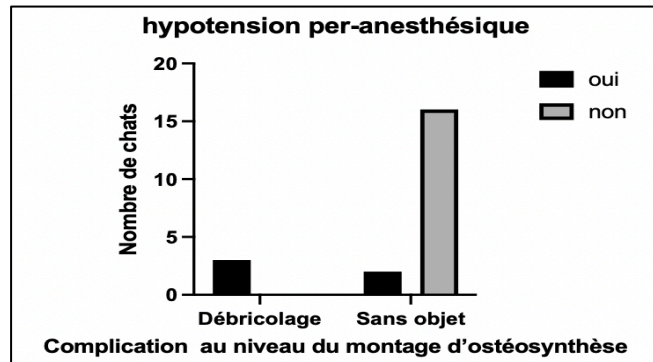
**Figure 62: Histogramme présentant l'influence de l'importance du déplacement relatif des bouts fracturaires de la fracture tibiale sur la survenue ou non de complications relatives au fût osseux telles qu'une pseudarthrose, une déformation ou désaxation ou une nouvelle fracture, en post-opératoire, chez les chiens de l'étude, et généré par le test statistique associé (test du Chi2).**



- *Influence du temps opératoire et anesthésique*

Sous l'hypothèse d'absence de biais d'association, chez les chats présentant une fracture du tibia, il existe une association réelle entre l'occurrence d'épisodes d'hypotension per-anesthésique et la survenue d'un débricolage de montage d'ostéosynthèse au risque d'erreur de 5% ( $p=0,007$ ), ainsi qu'entre l'occurrence d'épisodes d'hypotension per-anesthésique et la présence d'une pseudarthrose en post-opératoire ( $p=0,034$ ).

**Figure 63: Histogramme présentant la répartition des chats en fonction de l'existence ou non d'épisodes d'hypotension en per-anesthésique, en fonction de l'apparition ou non d'un débricolage du montage d'ostéosynthèse en post-opératoire chez les chats de l'étude, et généré par le test statistique associé (test exact de Fisher).**



### 3. Discussion

D'après la littérature, les fractures diaphysaires représentent 75 à 80% des fractures tibiales chez le chien. Quelque-soit l'âge, les fractures obliques et spiroïdes sont les plus courantes alors que les comminutives et ouvertes s'observent plus souvent chez l'adulte (Johnson *et al.*, 1994).

#### A. Originalité de l'étude

Les études disponibles dans la littérature comportent généralement peu de cas ; entre 15 et 50 pour la grande majorité. Notre étude, ne dévie pas de la tendance sur le sujet avec une cohorte de 55 cas (26 chats et 29 chiens) ; néanmoins, l'originalité de cette dernière est d'étudier aussi bien le chien et le chat mais de manière indépendante. Par ailleurs, notre étude regroupe l'analyse de l'impact de nombreux paramètres ; les caractéristiques de l'animal mais aussi les caractéristiques de la fracture ou encore la prise en charge péri et post-opératoire ; sur les différentes complications répertoriées. Aucune étude déjà publiée n'a étudié une aussi grande diversité de paramètres afin de mettre en évidence des facteurs de risque de complications de fractures tibiales traitées chirurgicalement.

#### B. La cicatrisation osseuse

##### a. Délais de mise en place du cal osseux et de consolidation de la fracture

Dans notre étude, chez les chiens, le cal osseux s'est en moyenne mis en place plus rapidement que chez les chats (3 semaines vs 1 mois) de même que la cicatrisation osseuse complète qui était obtenue au bout de 2,8 mois chez le chien et de 3,6 mois chez le chat. Cette différence n'est néanmoins pas significative d'après le test de Mann-Whitney généré ( $p=0,96$ ). Ces délais sont supérieurs à ce qui a pu être observé dans d'autres études notamment pour le chat. On retrouve en effet un délai moyen de cicatrisation de 58 jours soit 2 mois dans l'étude d'EF. Richardson (Richardson, E.F. and Thacher, C.W., 1993), de 73 jours soit 2,6 mois dans celle de PV. Giannoudis (Giannoudis *et al.*, 2009) et de 59 jours soit 2,1 mois dans celle de A. Durville (Durville, 1976). Chez le chien, dans l'étude de Franco *et al.* (2021), chez les 16 chiens présentant une fracture tibiale prise en charge chirurgicalement par plaque posée de manière mini-invasive, le délai moyen de cicatrisation était de 70,3 jours soit 2,3 mois.

Néanmoins, contrairement aux études précédemment réalisées (Richardson, E.F. and Thacher, C.W., 1993) (Donald L. Piermattei, *et al.*, 2009), notre étude n'a pas permis de faire une différence entre le matériel d'ostéosynthèse utilisé pour traiter la fracture, possiblement par manque de puissance statistique en raison d'un nombre trop limité de cas.

Dans notre étude, on a observé un retard de cicatrisation osseuse dans 23% des cas chez le chat et dans 11% des cas chez le chien. Ceci est cohérent avec ce que l'on peut trouver dans la littérature ; dans une étude effectuée chez 48 chiens présentant une fracture du tibia traitée par plaque mise en place de manière mini-invasive, (Lau *et al.*, 2008) un taux de 10% de retard de cicatrisation osseuse a été observé et dans une étude réalisée chez 8 chats présentant une fracture diaphysaire distale du tibia traitée par fixateur externe (Witte *et al.*, 2014), un taux de 38% a été observé. Chez l'homme, on observe jusqu'à 19% de retard de consolidation sur les fractures tibiales (Nolte *et al.*, 2005), ce qui est semblable à ce que l'on a pu observer dans notre étude.

Notre étude semble mettre en évidence comme facteurs de risque de retard de mise en place du cal osseux après une prise en charge chirurgicale de fracture tibiale, le repos strict et l'âge de l'animal chez le chien et l'absence d'un enseignant chercheur pendant la chirurgie chez le chat. Néanmoins,



l'absence d'analyse multivarié nous pousse à émettre quelques réserves sur ces observations avant de pouvoir conclure.

Elle met par ailleurs en évidence comme facteurs de risque de retard de cicatrisation osseuse complète après une prise en charge chirurgicale de fracture tibiale, le caractère ouvert de la fracture, l'existence d'une perte de substance osseuse après réduction de la fracture et l'âge de l'animal chez le chien, et le caractère esquilleux de la fracture chez le chat. Très peu de données comparatives sur le sujet sont disponibles dans la littératures ; l'étude de Lau *et al.* (2008) a néanmoins étudié l'association entre infection et retard de cicatrisation mais n'a pas montré de résultat significatif.

### ***b. Influence de l'âge de l'animal***

Dans notre étude, chez les chiens, ce délai de mise en place du cal osseux a été influencé par l'âge du chien. En effet, dans le groupe de chiens chez qui les premiers signes radiographiques de mise en place du cal osseux étaient visibles en moins de 15 jours, la moyenne d'âge était de 1,5 ans tandis que dans le groupe de chiens chez qui le cal s'est mis en place en plus d'un mois, la moyenne d'âge était de 7,5 ans.

De même, dans notre étude sur les chiens, l'âge de l'animal a eu un impact sur le délai de cicatrisation osseuse. En effet, dans le groupe des chiens pour lesquels la cicatrisation osseuse radiographique a été obtenue en moins de 3 mois, l'âge moyen des chiens était de 1,5 ans alors qu'il était de 5,8 ans dans l'autre groupe.

Bien que statistiquement non interprétable dans notre étude chez les chats, la tendance semblait aboutir aux mêmes conclusions.

Notre étude suggère donc que le vieillissement serait un facteur ralentissant la mise en place du cal osseux et la cicatrisation osseuse chez le chien. Cette observation est cohérente avec les durées de consolidation osseuse moyenne retrouvées chez Donald L. Piermattei, *et al.*, (2009).

Pour trouver une explication à l'influence du vieillissement sur la cicatrisation osseuse, une étude réalisée sur des souris s'est intéressée à la cicatrisation des fractures des os longs basée sur l'âge chronologique et notamment à l'influence du vieillissement sur la quantité, la densité et la proportion d'os formés pendant la cicatrisation, sur la quantité de cartilage produite et la progression vers l'os pendant la cicatrisation, sur la structure du cal et le moment de la cicatrisation de la fracture ; et sur le comportement des cellules progénitrices par rapport aux déficiences observées de la cicatrisation des fractures gériatriques. Les résultats ont montré que les souris gériatriques ont produit une réponse de cicatrisation moins robuste caractérisée par une diminution prononcée de la quantité de callosités (volume total moyen à 20 jours après la fracture,  $30,08 \pm 11,53 \text{ mm}^3$  contre  $43,19 \pm 18,39 \text{ mm}^3$  ;  $p = 0,009$ ), de la densité (densité minérale osseuse moyenne à 20 jours après la fracture,  $171,14 \pm 64,20 \text{ mg d'hydroxyapatite [HA]/cm}^3$  contre  $210,79 \pm 37,60 \text{ mg HA/cm}^3$  ;  $p = 0,016$ ), et moins de cartilage total (surface moyenne du cartilage à 10 jours après la fracture,  $101\,279 \pm 46\,755 \text{ pixels carrés}$  contre  $302\,167 \pm 137\,806 \text{ pixels carrés}$  ;  $p = 0,013$ ) et contenu osseux (volume osseux moyen à 20 jours post-fracture,  $11,68 \pm 3,18 \text{ mm}^3$  contre  $22,34 \pm 10,59 \text{ mm}^3$  ;  $p < 0,001$ ) par rapport aux jeunes souris adultes. Néanmoins, cette étude a également mis en évidence que la quantité de cartilage et d'os par rapport à la taille totale du cal était similaire entre les souris adultes et gériatriques (Lopas *et al.*, 2014). L'âge n'aurait donc pas d'impact sur le programme moléculaire de cicatrisation des fractures mais réduirait l'expansion du cal en ampleur.

### **c. Influence du caractère ouvert ou fermé de la fracture**

Chez les chiens de l'étude, bien que le test statistique correspondant n'ait pas permis de mettre en évidence une corrélation au risque d'erreur 5% entre le caractère ouvert ou fermé de la fracture et le délai d'apparition du cal osseux, une nette tendance peut être observée dans le sens d'une mise en place plus rapide de ce cal lors de fractures fermées. Le trop faible nombre de cas est ici probablement à l'origine d'un manque de puissance statistique.

Le retard de mise en place du cal osseux lors de fracture ouverte s'explique par le caractère délabrant des tissus mous lors de fracture ouverte à l'origine d'un défaut de vascularisation lors des premiers temps de la cicatrisation osseuse et donc de la mise en place du cal osseux.

### **d. Influence de la stabilité**

Dans notre étude sur les chats, la morphologie de la fracture et notamment, les fractures esquilleuses présentaient en moyenne un délai de cicatrisation osseuse plus long que les fracture simples (5,2 mois vs 3,5 mois).

Chez le chien, nous avons montré que le délai de cicatrisation complète de la fracture était influencé par la qualité de la réduction de la fracture. On retrouve un délai de cicatrisation osseuse moyen de 3 mois lorsque la réduction était anatomique et un délai moyen de 4,8 mois lorsqu'un défaut d'apposition des segments osseux était observé après réduction.

Par ailleurs, aussi-bien la comminution de la fracture que la réduction avec défaut d'apposition des segments osseux sont à l'origine d'un défaut de stabilité après réduction. Il a en effet été démontré chez l'homme et chez l'animal, que le degré de comminution influençait la vitesse de cicatrisation et qu'une comminution sévère augmentait le risque de retard de consolidation et de non-union car elle était à l'origine d'un défaut de stabilité après réduction de la fracture (Ellis, 1958) (Nolte *et al.*, 2005) (Oni *et al.*, 1988). Cette instabilité empêcherait les vaisseaux provenant de chacun des éléments osseux de s'anastomoser, ce qui provoque une hypoxie au sein du foyer de fracture qui induit le passage par un stade fibreux ou fibrocartilagineux et donc une ossification secondaire qui sera d'autant plus retardée que la mobilité dans le foyer sera importante. De plus, à cet impact biomécanique s'ajoute dans le cadre de la comminution un impact biologique avec un traumatisme vasculaire, musculaire et osseux plus important, qui influe également sur la vitesse de cicatrisation.

### **e. Influence de l'expérience du chirurgien**

Chez les chats, l'absence d'un enseignant chercheur pendant la chirurgie était associée à un allongement du délai de mise en place du cal osseux (5 semaines en moyenne sans enseignant chercheur au bloc contre 2,5 semaines lorsqu'il y en avait un). Par ailleurs, chez les chats, parmi les fractures opérées en présence d'un enseignant chercheur, 5 fractures étaient comminutives et 2 associées à d'autres atteintes ostéoarticulaires localisées sur un autre membre que celui présentant la fracture tibiale alors que parmi les autres, 6 étaient comminutives et 7 associées à d'autres atteintes ostéoarticulaires localisées sur un autre membre que celui présentant la fracture tibiale. Chez les chiens, parmi les fractures opérées en présence d'un enseignant chercheur, 5 fractures étaient comminutives et aucune n'était associée à d'autres atteintes ostéoarticulaires alors que parmi les fractures opérées par d'autres chirurgiens, 7 étaient comminutives et 2 associées à d'autres atteintes ostéoarticulaires localisées sur un autre membre que celui présentant la fracture tibiale.

On peut expliquer cet allongement du délai de mise en place du cal osseux lors de l'absence d'enseignant chercheur pendant la chirurgie par la dextérité moins bonne d'un chirurgien en début de carrière et donc par un acte chirurgical moins précis et délicat endommageant d'avantage les tissus mous

atteinants au foyer de fracture, ce qui influence donc la vitesse de cicatrisation (Ellis, 1958) (Nolte *et al.*, 2005) (Richardson, E.F. and Thacher, C.W., 1993). L'association doit cependant être nuancée par la présence de facteurs confondants susceptibles d'être à l'origine d'un biais d'interprétation : les fractures comparées n'étant en effet pas similaires en termes de comminution et de comorbidités associées en particulier d'autres atteintes ostéoarticulaires. Il n'est donc pas possible d'établir avec certitude ce lien de causalité en l'absence d'analyse multivariée.

#### ***f. Influence du temps de mise au repos du membre après la chirurgie***

- *Dans notre étude*

Chez les chiens de notre étude, le temps de respect du repos strict en post-opératoire a eu une influence sur le délai de mise en place du cal osseux ; le cal s'est mis en place plus rapidement chez les chiens ayant respecté une moins longue durée de repos strict en post-opératoire (4 semaines de repos en moyenne contre 8 semaines pour les autres). En l'absence d'analyse multivariée, aucune conclusion ne peut être tirée à ce sujet en raison de la présence de nombreux facteurs confondants qu'il faudrait prendre en compte tels que l'âge de l'animal, la comminution de la fracture, le type de montage ou encore la stabilité du montage.

- *Les arguments en faveur du respect du repos strict jusqu'à la cicatrisation osseuse complète*

La reprise précoce d'activité et la reprise d'appui avant cicatrisation osseuse complète, bien que limitée est associée à un risque de débricolage ou de création d'instabilité au sein du foyer fracturaire. On a observé ceci chez les chats chez lesquels 75% des débricolages ont été observés lors de repos strict non respecté jusqu'à la cicatrisation osseuse ; chez les chiens, les débricolages ont tous été observés chez des animaux ayant respecté le repos strict. Toujours, allant dans le sens de l'importance du respect de ce repos strict en post-chirurgical, une étude, réalisée sur des souris atteintes de fractures tibiales stabilisées par brochages et associées à des lésions musculaires, a montré que permettre un exercice « tardif » (semaines 1-2) plutôt que « précoce » (semaines 0-1) après une telle blessure entraînait une plus grande activité de course globale et une plus grande inversion de l'allodynie. Par ailleurs, cette étude a montré qu'une reprise de l'activité plus tardive permettait une réduction de la fibrose musculaire, et une augmentation plus précoce du diamètre des fibres musculaires (Tawfik *et al.*, 2020).

### **C. La récupération fonctionnelle : reprise d'appui et évolution du grade de boiterie**

#### ***a. Observations***

Dans notre étude, la reprise d'appui du membre fracturé après prise en charge chirurgicale était en moyenne de 5 semaines chez les chats et de 8 semaines chez les chiens avec un taux de fractures ouvertes de 19% chez le chat et 10% chez le chien et un taux de fractures comminutives de 42% chez le chat et 41% chez le chien. Parmi les hypothèses possibles, cette différence pourrait être expliquée par le fait que 35% des chats présentaient d'autres atteintes ostéoarticulaires associées à la fracture tibiale, localisées sur un autre membre, limitant ainsi la soustraction d'appui du membre présentant la fracture tibiale ; alors que seulement 7% des chiens étaient concernés par d'autres atteintes ostéoarticulaires.

Lors du contrôle à un mois post-opératoire, 23% des chats et 21% des chiens ne présentaient plus aucune boiterie tandis que 61% des chats et 31% des chiens présentaient encore une boiterie de grade au moins 3, c'est-à-dire sans appui au moins au trot. Les autres présentaient une boiterie discrète intermittente avec appui.

Au moment où la cicatrisation osseuse était établie, 81% des chats et 86% des chiens ne présentaient plus aucune boiterie du membre opéré. Cela signifie que 19% des chats et 14% des chiens présentaient une boiterie chronique non expliquée par une séquelle osseuse radiographiquement visible. Il n'y a pas réellement de données comparatives dans la littérature chez le chien et le chat.

### ***b. Explication de la persistance d'une boiterie après cicatrisation osseuse complète***

Chez les animaux de notre étude présentant encore une boiterie après la cicatrisation osseuse, 3 chats ont présenté des mal union ou pseudarthrose au cours de la cicatrisation osseuse à l'origine d'un retard de cicatrisation. Chez l'un de ces chats, ce retard de cicatrisation était associé à une ostéomyélite. Il est donc possible de penser de bien que la cicatrisation osseuse soit complète au moment de l'évaluation de la boiterie, il puisse rester des séquelles résiduelles de ces incidents de cicatrisation. Par ailleurs, parmi les chiens présentant une boiterie résiduelle après cicatrisation osseuse complète, 2 chiens présentaient une nouvelle fracture sur le membre ipsilatéral pouvant donc expliquer la persistance de cette boiterie. Néanmoins, le suivi n'a pas été suffisamment long pour évaluer cette boiterie plusieurs mois après la cicatrisation et permettant de réellement conclure à une boiterie chronique à long terme. Toutefois, chez 2 chats et 2 chiens, aucune autre complication n'était associée à cette persistance de boiterie après cicatrisation osseuse complète.

Une étude réalisée sur des chiens est partie du postulat qu'il était démontré que l'état de l'innervation était important pour la consolidation osseuse et la récupération fonctionnelle, et a cherché à savoir si la dégénérescence subclinique des fibres nerveuses pouvait se produire dans les nerfs mécaniquement intacts et quantifier les éventuelles conséquences fonctionnelles d'une telle affection (Varsegova *et al.*, 2015). Vingt-quatre chiens ont été profondément anesthésiés et soumis à une fracture expérimentale de la diaphyse tibiale prise en charge chirurgicalement. Une électromyographie a été réalisée avant la fracture et à différents temps après la prise en charge chirurgicale, ainsi que l'analyse histologique des nerfs sciatique, péronier et tibial après cicatrisation osseuse complète et euthanasie des chiens. Il n'y avait aucun signe de lésions nerveuses causées par des fragments d'os ou des fils du fixateur et l'incidence des fibres de myéline dégénérées était inférieure à 12 % ; néanmoins, de nombreuses fibres étaient réorganisées, on pouvait observer des atrophies axonales et des lésions discrètes de démyélinisation-remyélinisation ; et ces lésions n'ont pas disparu avant le 120<sup>ème</sup> jour post-cicatrisation osseuse. La réorganisation des faisceaux Remak (fibres nerveuses du groupe C - principalement sensorielles) a entraîné une augmentation temporelle des densités numériques des fibres nerveuses à l'électromyogramme. Au 37<sup>e</sup> jour postopératoire, les amplitudes de la réponse dans les muscles des jambes étaient inférieures de 70 % par rapport à celles obtenues en préopératoires. Ces observations permettent donc d'expliquer la persistance d'une boiterie après cicatrisation osseuse complète. Cette boiterie chronique pourrait donc s'expliquer par une dégénérescence subclinique des fibres nerveuses consécutive au traumatisme ou à l'acte chirurgical. Chez certains chiens, une reprise normale de l'activité nerveuse a pu être observée à partir de 120 jours après cicatrisation osseuse complète, tandis que chez d'autres elle n'a jamais retrouvé sa fonction pré-fracturaire. Le suivi de nos chiens s'arrête donc trop précocement pour pouvoir valider ou non cette hypothèse.

Un autre élément à prendre en compte est l'influence du délabrement des tissus mous environnants la fracture en péri-traumatique et opératoire à l'origine de possibles adhérences après cicatrisation, ou encore l'amyotrophie et l'ankylose articulaire consécutives à la mise au repos strict de l'animal, et enfin la possible persistance d'une gêne engendrée par le matériel d'ostéosynthèse résiduel, qui peuvent être autant d'éléments perturbant la récupération fonctionnelle.

### **c. Facteurs influençant la reprise d'appui ou le grade de la boiterie**

- *L'âge de l'animal*

Dans notre étude, l'âge du chien influait sur le délai de reprise d'appui après la chirurgie ; dans le groupe des chiens ayant repris appui sur leur membre en moins de 2 mois, la moyenne d'âge était de 1,5 ans alors que dans le groupe de chiens ayant eu une reprise d'appui plus tardive, la moyenne d'âge était de 5 ans. Chez les chiens de l'étude, les groupes « reprise d'appui en moins de 2 mois » et « reprise d'appui en plus de 2 mois » étaient similaires en termes de types fracturaires et montages. Ceci n'est pas vrai chez les chats, parmi lesquels 80% des animaux du groupe « reprise d'appui en plus de 2 mois » présentaient des fractures esquilleuses.

L'observation réalisée chez les chiens est cohérente avec la bibliographie et les autres constatations de l'étude. En effet, le vieillissement a un impact négatif sur la mise en place du cal osseux en limitant son expansion (*cf* partie 3.1.2) (Lopas *et al.*, 2014), et la présence du cal osseux est associée à une boiterie moins importante que lorsqu'il n'est pas encore en place. En limitant l'expansion du cal, le vieillissement est donc à l'origine d'un retard de reprise d'appui.

- *Le sexe de l'animal*

Dans notre étude, si on regroupe dans le groupe 1 les femelles stérilisées, les femelles entières et les mâles castrés et dans le groupe 2 les mâles entiers, on observe que chez les chiens et les chats, la reprise d'appui est plus rapide au sein du groupe 2 qu'au sein du groupe 1. (3,7 semaines vs 6,8 chez les chats et 7,5 vs 8,9 chez les chiens). Cette observation suggère donc une influence de la testostérone sur le délai de reprise d'appui de l'animal et donc très probablement sur la douleur ressentie. Néanmoins, sans analyse multivariée, il n'est pas possible d'établir avec certitude un lien de causalité entre le statut reproducteur de l'animal et le délai de reprise d'appui. La discussion suivante n'a donc pour but que de présenter un axe d'explication possible dans l'hypothèse d'absence de biais.

Une étude (Guo *et al.*, 2019) réalisée sur des souris a montré que les souris mâles et femelles développent des niveaux équivalents de sensibilisation nociceptive chronique post-fracture et présentent de multiples changements immunitaires pro nociceptifs post-fracture, y compris l'expression de médiateurs inflammatoires dans la peau et la moelle épinière au cours des 3 à 7 premières semaines après la fracture, des réponses d'auto-anticorps pro nociceptifs d'une durée de 5 mois. Mais cette étude a aussi montré qu'une sensibilisation nociceptive dépendante de la microglie spinale était présente chez les souris mâles, mais pas femelles, 3 et 7 semaines après la fracture. La sensibilisation nociceptive post-fracture dépendante de la microglie est hormono-dépendante de la testostérone.

Une certaine forme de sensibilisation nociceptive après une fracture (dépendante de la microglie spinale) est donc dépendante de la testostérone et les individus possédant cette hormone sont donc moins sujets aux douleurs chroniques notamment entre 3 et 7 semaines après une fracture. Des injections de testostérone pourraient donc permettre de limiter la douleur chez les individus en étant dépourvus après une fracture.

- *Le type de fracture*

Les chiens ayant eu des fractures par avulsion de la crête tibiale présentaient une boiterie de grade 0,8 en moyenne à un mois post-opératoire alors que les chiens avec une fracture diaphysaire présentaient à ce stade des boiteries de grade 2,5 en moyenne. Les fractures articulaires suivent une répartition similaire aux autres fractures dans les deux espèces en ce qui concerne le grade de boiterie à 1 mois post-opératoire (0,7 chez le chat et 3 chez le chien). Le caractère articulaire de la fracture ne semble donc pas avoir d'incidence sur la récupération fonctionnelle en post-chirurgical.

Les fractures par avulsion de la crête tibiale ont touché 5 chiens de l'étude. Deux d'entre eux avaient 4 mois et les trois autres en avaient 5. Cela est cohérent avec les données de la bibliographie qui ne rapportent ces fractures presque exclusivement que chez des animaux de 4 à 8 mois (Donald L. Piermattei, *et al.*, 2009). La récupération et la disparition rapide de la boiterie observée en post-chirurgical est donc à relier à l'âge des animaux touchés par ce type de fracture qui a un impact sur la cicatrisation osseuse, plus qu'à la nature de la fracture elle-même.

- *La présence du cal osseux*

Dans notre étude, les chats pour lesquels le cal osseux était déjà en place au contrôle à un mois après la chirurgie présentaient une boiterie de grade moins élevé en moyenne que les chats pour lesquels il n'y avait pas encore de cal osseux à la radiographie (2,2 vs 3,8). Notre étude montre donc que la mise en place du cal est associée à une boiterie de moindre importance.

- *Le respect du repos strict*

Chez le chien, les animaux ayant gardé une boiterie chronique après cicatrisation osseuse complète sont ceux qui ont respecté la plus longue période de repos strict. Cette observation n'est pas cohérente avec la bibliographie (cf partie étude rétrospective 3.2.6.b) (Tawfik *et al.*, 2020). Néanmoins, on pourrait expliquer cette observation par une ankylose articulaire qui s'est mise en place. De plus, il faut garder en tête que comme énoncé précédemment (cf partie étude rétrospective 3.3.2), notre suivi des animaux n'a pas été assez long après cicatrisation osseuse pour conclure à une réelle boiterie chronique liée aux conséquences de la fracture et non à des lésions nerveuses subcliniques (Varsegova *et al.*, 2015) ou encore à un montage encore en place. Par ailleurs, sans analyse multivariée, on ne peut pas conclure avec certitude à une réelle causalité, d'autres paramètres pouvant constituer des biais importants.

## **D. Les complications rencontrées**

### **a. Vue d'ensemble**

Dans notre étude, on retrouve 34% de complications chez les chats dont 27% ont nécessité une nouvelle intervention pour ablation du matériel d'ostéosynthèse, dynamisation ou changement du montage d'ostéosynthèse et 48% chez les chiens dont 14% ont nécessité une nouvelle intervention pour ablation du matériel d'ostéosynthèse ou dynamisation du montage d'ostéosynthèse. Plus précisément, on retrouve 17% d'infections des tissus mous chez les chats et 10,3% chez les chiens, 15% d'ostéomyélites chez les chats et 13,8% chez les chiens, 8% de déformations ou désaxation chez les chats et 13,8% chez les chiens, 16% de pseudarthrose chez les chats et 3,5% chez les chiens, 16% de débricolage de montage chez les chats et 6,8% chez les chiens, et 7% de nouvelle fracture ou trait de refend chez les chiens qui ont donc nécessité une reprise chirurgicale. Les différents délais étudiés (délai de cicatrisation, délai de reprise d'appui, etc) chez ces animaux ayant eu une seconde intervention pour ablation du matériel d'ostéosynthèse ou dynamisation du montage correspondent au délai par rapport à la première intervention, chez ceux ayant eu une seconde intervention pour pose d'un nouveau montage, l'intervention de référence sera la seconde. Par ailleurs, la cicatrisation osseuse retenue dans tous les cas est celle constatée après la seconde intervention.

Peu d'études cliniques ont été publiées sur les fractures du tibia chez le chat et le chien. Richardson et Thacher (1993) ont publié, une étude rétrospective sur les fractures du tibia chez le chat en se penchant notamment sur les complications de ces fractures, leur incidence, leurs caractéristiques

et les modalités de leur prise en charge. Dans cette étude, près de 34% des fractures ont présenté des complications de la cicatrisation osseuse (9 ostéomyélites aiguës (11%), 4 ostéomyélites chroniques (5%), 3 retards de consolidation (3,7%), 3 non-unions (3,7%), 9 cals vicieux (11%), 6 maladies fracturaires (7,5%) et 2 séquestres osseux (2,5%) sur les 80 fractures recensées). Ces données sont semblables à celles de notre étude.

Ce taux de complication est également retrouvé sur le radius mais est nettement supérieur à ce qui peut être observé sur d'autres os longs comme le fémur. Une étude réalisée sur 18 chiens présentant une fracture radiale prise en charge chirurgicalement a révélé un taux de complications de 54% (Larsen *et al.*, 1999) tandis qu'une autre étude réalisée sur 50 chiens et 11 chats présentant une fracture fémorale traitée chirurgicalement a révélé un taux de complications de seulement 23% (Libardoni *et al.*, 2018).

### ***b. Les facteurs favorisant...***

- *...les débricolages de montage*

Dans notre étude, 16% de débricolage de montage ont été observés chez les chats et 6,8% chez les chiens. Notre étude nous permet de mettre en évidence comme facteurs de risque de débricolage de montage d'ostéosynthèse après une prise en charge chirurgicale de fracture tibiale :

- L'orientation transverse de la fracture qui semble être associée à un risque de débricolage du matériel d'ostéosynthèse significativement supérieur à celui associé aux fractures obliques chez le chat
- La localisation de la fracture sur le tibia avec des fractures d'avulsions de la crête tibiale plus fréquemment associées à des débricolages de montage par rapport aux fractures localisées sur la diaphyse tibiale chez le chien.
- L'occurrence d'épisodes d'hypotension per-anesthésiques chez le chat.

Chez les chats de l'étude, les débricolages de montage n'ont été observés que sur des fractures obliques ou spiroïdes. Trois débricolages concernaient des plaques ou des broches et un un fixateur externe ; néanmoins le taux de débricolage de montage n'a pas été significativement différent entre les fixateurs externes et les plaques.

Par ailleurs, l'occurrence d'épisodes d'hypotension per-anesthésique chez les chats semble être associé à un plus fort risque de débricolage du matériel d'ostéosynthèse. Néanmoins, aucune explication évidente ne peut être trouvée pour justifier cette observation. En l'absence d'étude multivariée, on ne peut pas conclure sur ce lien de causalité, d'autres facteurs plus importants devant être présents. Aucune donnée de la littérature ne permet de justifier ces observations. On peut donc se demander s'il n'existe pas des biais d'association non pris en compte.

Chez les chiens, c'est la localisation de la fracture sur l'os et notamment le fait que la fracture concerne une avulsion de la crête tibiale qui est associée à un plus fort taux de débricolage. Cela peut s'expliquer par la force de traction du quadriceps sur le segment osseux fracturé.

- *... les déformations ou désaxations*

Dans notre étude, 8% de déformations ou désaxation ont été observées chez les chats et 13,8% chez les chiens. Dans aucun des cas, ces déformations ou désaxations n'ont eu un impact fonctionnel une fois la cicatrisation osseuse avérée.

- *...les pseudarthroses*

Dans notre étude, 16% de pseudarthrose ont été observés chez les chats et 3,5% chez les chiens.

Notre étude nous permet de placer l'occurrence d'épisodes d'hypotension per-anesthésiques comme facteur de risque de pseudarthrose chez le chat.

Dans notre étude chez les chats, dans le groupe de chats ayant développé une pseudarthrose, l'incidence d'épisodes d'hypotension per-anesthésique était significativement plus grande que chez les autres chats ( $p=0,034$ ). Bien que d'autres facteurs tels que la comminution de la fracture, la présence d'une infection évoluant à bas bruit ou encore un débricolage du montage d'ostéosynthèse soient communément associés à un taux accru de pseudarthrose, notre étude n'a pas permis d'établir ce lien de causalité de manière significative avec ces autres facteurs, possiblement en raison d'un trop faible nombre de cas. Par ailleurs, en l'absence d'analyse multivariée, il est difficile de conclure avec certitude à cette causalité ; on peut néanmoins expliquer le lien entre pseudarthrose et hypotension per-anesthésique par une vascularisation osseuse perturbée par ces épisodes. Néanmoins, une étude sur des rats présentant une fracture du tibia, cherchant à trouver une méthode simple et non invasive pour favoriser la cicatrisation des fractures s'est intéressée à l'effet d'une ischémie brève répétitive sur cette dernière (Liu *et al.*, 2019). L'expérience a consisté à placer un garrot sur la cuisse des rats et à exercer des alternances de gonflement / dégonflement de durée et de fréquence différentes en fonction des groupes de rats. Les résultats ont montré qu'une ischémie brève répétitive a augmenté le rapport des zones calleuses, le volume osseux et les cytokines sériques telles que la protéine morphogénétique osseuse-2 (BMP-2), le facteur de croissance endothélial vasculaire (VEGF), et l'unité d'activité enzymatique diéthanolamine de la phosphatase alcaline (PAL). L'ischémie brève répétitive favorise quant à elle la cicatrisation osseuse.

Le caractère ouvert de la fracture ressort également comme un facteur de risque de pseudarthrose aussi bien chez le chien que chez le chat. L'explication principale de cette observation restant l'atteinte délabrante des tissus mous environnant à l'origine d'une moindre vascularisation au moment de la cicatrisation osseuse.

Par ailleurs, tous les chats ayant développé une pseudarthrose étaient des mâles (3 entiers et 1 castré). Il convient donc de s'interroger sur l'influence du sexe sur la survenue d'une pseudarthrose lors de fractures du tibia traitées chirurgicalement. Une étude réalisée chez l'homme a mis en exergue différents facteurs de risques de pseudarthrose lors de fractures du tibia ; parmi ces facteurs de risque, on retrouve le fait d'être un homme (Tian *et al.*, 2020). Cette étude recense également dans les facteurs de risque l'âge avancé, le diabète sucré, la localisation plutôt distale de la fracture et le fait qu'il s'agisse d'une fracture ouverte. Néanmoins, ces observations ne sont pas retrouvées dans notre étude peut être en raison du trop faible nombre de cas.

- *...les infections*

Dans notre étude, 17% d'infection des tissus mous ont été observés chez les chats et 10,3% chez les chiens, 4% d'ostéomyélites ont été observés chez les chats et 13,8% chez les chiens, et finalement 12,5% de rejet d'implant ont été observés chez les chats et 6,8% chez les chiens. Ces taux de complication sont semblables à ce qui peut être retrouvé dans la littérature ; dans l'étude de Beever *et al.* (2018), une ostéomyélite a été observée dans 15% des cas de fracture du tibia chez les chiens traités avec un fixateur externe. Sur les autres os longs, le taux d'ostéomyélite se révèle nettement inférieur dans la littérature avec un taux de 1% chez des chiens avec une fracture du radius (Larsen *et al.*, 1999) et de 1,8% chez des chiens et des chats avec une fracture du fémur (Libardoni *et al.*, 2018).

Chez les chats de l'étude, l'incidence des ostéomyélites était significativement supérieure chez les chats dont la fracture était articulaire. Chez le chien, c'est le fait que la fracture soit distale qui était associé à un plus fort taux d'ostéomyélites.



Par ailleurs, chez les chiens, l'orientation de la fracture et notamment le fait qu'elle soit oblique ou transverse est associée à un plus haut taux d'ostéomyélite que lorsque les fractures étaient spiroïdes ou complexes. Néanmoins, 31% des fractures transverses ou obliques ont été traitées par fixateur externe contre seulement 7% pour les fractures spiroïdes ou complexes.

Finalement, notre étude nous permet de mettre en évidence comme facteurs de risque d'ostéomyélite potentiels après une prise en charge chirurgicale de fracture tibiale :

- La localisation de la fracture sur le tibia chez le chat avec un risque accru lors de fracture articulaires ou diaphysaires centrales.
- La localisation distale de la fracture sur la diaphyse tibiale chez le chien.
- L'orientation oblique ou transverse de la fracture chez le chien.

La localisation distale de la fracture tibiale est fréquemment associée à l'utilisation d'un fixateur externe comme matériel d'ostéosynthèse : 54,5% chez les chats et 40% chez les chiens, ce qui n'est pas similaire à la répartition générale. Cela est à l'origine d'un biais qui n'a pas été pris en compte par les analyses univariées effectuées.

Par ailleurs, les fractures ayant été compliquées d'ostéomyélite étaient en majorité prises en charge par un fixateur externe. Une étude rétrospective réalisées chez des chiens met en avant le fait que les complications associées au fixateur sont fréquentes. La majorité des complications étant liées à l'infection de l'implant (Beever *et al.*, 2018).

Contrairement à ce qui peut être retrouvé dans la littérature (Gustillo et Anderson, 1976) (Autefage, A., 1992) (Caywood *et al.*, 1978) (Kanakaris *et al.*, 2007) (Rochat MC, 2001), notre étude n'a pas permis de mettre en évidence une différence significative du taux d'infection dans le groupe d'animaux « ayant une fracture ouverte » que dans le groupe « ayant une fracture fermée » ; cela peut s'expliquer par le trop faible nombre de cas inclus dans l'étude à l'origine d'un manque de puissance statistique.

## **E. Limites et perspectives de l'étude**

Dans notre étude, nous avons eu un nombre conséquent d'animaux perdus de vue. En effet, 66% des chats et 63% des chiens ne remplissaient pas les critères d'inclusions soit en raison d'une autre atteinte ostéoarticulaire sur le même membre, soit en raison d'une perte de vue avant la cicatrisation osseuse complète de la fracture ou d'un suivi insatisfaisant.

La principale limite de l'étude porte ici sur un faible nombre de fractures qui confronté à la grande variété de celles-ci et des traitements mis en œuvre, n'a pas permis de réaliser les études statistiques multivariées nécessaires pour prendre en compte tous les facteurs de confusion. Il nous faut donc nuancer l'interprétation de certaines analyses même si certaines associations mises en évidence après analyse univariable rejoignent les données de la littérature ; on notera notamment, l'influence de l'intensité du traumatisme sur la comminution de la fracture, la prédominance des avulsion de la crête tibiale chez les jeunes, l'importance de la mise au repos pour la récupération fonctionnelle, l'influence de l'âge de l'animal sur la récupération fonctionnelle et la vitesse de cicatrisation, l'influence de la comminution de la fracture et de sa morphologie esquilleuse mais aussi de la qualité de sa réduction sur la vitesse de cicatrisation ou encore le lien entre fracture ouverte, infection et retard de cicatrisation. Les complications des fracture tibiales, n'en restent pas moins multifactorielles et un modèle prédictif du risque de complication des fractures du tibia reste à construire.

L'importante base de données constituée au cours de ce travail (198 animaux) servira de base à la réalisation d'études ultérieures. Il sera dans un premier temps intéressant de comparer les proportions d'animaux ayant reçu une plaque ou un fixateur externe entre animaux perdus de vue et animaux suivis. Il n'est en effet pas illogique de penser que la plaque n'ayant pas besoin d'un retrait en l'absence de complications, les animaux opérés par plaque et ayant une bonne reprise fonctionnelle n'aient pas été pour la plupart, représentés aux contrôles. Une étude de suivi « aux dernières nouvelles » de tous les animaux (exclus et inclus dans l'étude) au travers d'un questionnaire propriétaire permettrait de confirmer ou infirmer cette hypothèse et d'augmenter la base de données des cas exploitables. Une étude prospective sera effectuée dans un second temps afin d'inclure un plus grand nombre de cas permettant une analyse multivariées. Le fait que cette future étude soit basée sur une prise en charge et un recueil de données standardisés est également nécessaire.



# Conclusion

---

Aussi bien chez les chats que chez les chiens, la quasi-totalité des fractures répertoriées dans notre étude sont diaphysaires (79% chez le chien et 96% chez le chat). L'intensité du traumatisme à l'origine des fractures tibiales est fréquemment de haute intensité d'énergie et notamment chez le chat (dans 34% des cas chez le chien et dans 69% des cas chez les chats), ce qui fait de ces fractures, des fractures fréquemment complexes, ouvertes et comminutives et associées à un délabrement important des tissus mous environnants. Les fractures répertoriées dans notre étude sont de gravités comparables à celles rapportées dans la littérature. Elles sont ouvertes dans 28% des cas chez le chat et dans 10% des cas chez le chien avec près de la moitié des fractures comminutives pour les deux espèces. Les caractéristiques de la fracture ont présenté ici un réel intérêt pronostic avec notamment une influence de la localisation de cette fracture sur la diaphyse tibiale, de sa morphologie, de son orientation ou encore de son déplacement sur le délai de cicatrisation osseuse, sur la récupération fonctionnelle de l'animal en post-opératoire et sur le risque d'infection ou de débricolage du montage d'ostéosynthèse. Le fait que la fracture soit ouverte ne semble pas être lié ici à un risque accru d'ostéomyélite mais est lié à un retard de cicatrisation osseuse et à l'apparition de pseudarthrose possiblement consécutive à l'évolution subclinique d'une infection ; cette hypothèse a en effet été étudiée expérimentalement sur des rats avec des fractures de fémur et cette étude a montré que *Staphylococcus epidermidis*, principal responsable des infections osseuses, pouvait empêcher ou retarder la cicatrisation osseuse même en l'absence de signes cliniques (Lovati *et al.*, 2016). Les fractures du tibia chez le chat et le chien sont donc tout comme chez l'homme des fractures complexes à traiter et prédisposées aux complications de cicatrisation et notamment aux infections et aux retards de cicatrisation osseuse, par rapport aux fractures des autres os longs. Par ailleurs, bien que l'absence d'analyse multivariée ne nous permette pas de conclure avec certitude sur ce point, l'anesthésie et notamment l'occurrence d'hypotensions per-anesthésiques semble présenter un facteur de risque de développement de pseudarthrose lors de la cicatrisation. L'âge de l'animal et une réduction fracturaire non anatomique s'avèrent être également un facteur pronostic négatif de la vitesse de cicatrisation osseuse et de récupération fonctionnelle.

La pierre angulaire de la prise en charge chirurgicale de ces fractures est la préservation du potentiel ostéogénique du foyer de fracture. Cela passe par une réduction la plus anatomique possible et une manipulation la moins traumatisante possible pour les tissus mous environnants permettant le maintien d'une bonne vascularisation indispensable à la cicatrisation. La majorité des fractures incluses dans notre étude étaient prises en charge chirurgicalement par plaque ou fixateur externe. L'approfondissement des connaissances en matière de biologie de la cicatrisation osseuse et les progrès constants en matière de technique chirurgicale et d'implants mini-invasifs permettent aujourd'hui d'envisager de nouvelles techniques de fixation interne moins contraignantes pour l'animal et le propriétaire et offrant des résultats de plus en plus satisfaisants avec l'utilisation notamment de clou verrouillé qui présente aujourd'hui des résultats très prometteurs.

L'optimisation de la cicatrisation et donc la préservation du potentiel ostéogénique passent aussi par la prévention des complications. Pour cela, l'important est de limiter au maximum les facteurs de risques. On notera notamment l'intérêt du respect du repos strict pour limiter les débricolages de montage d'ostéosynthèse, ou encore l'importance de la réalisation de suivis réguliers, d'asepsie chirurgicale méticuleuse et d'antibiothérapie ciblée avec un prélèvement bactérien systématique lors de fractures ouvertes pour limiter les infections. Par ailleurs, dans notre étude, trop peu d'animaux ont eu recours à la physiothérapie en post chirurgical pour pouvoir observer une tendance sur le sujet et très peu de données restent disponibles sur les bienfaits de la physiothérapie chez le chien et le chat bien que son efficacité ait été démontrée chez l'homme pour accélérer la cicatrisation osseuse et ainsi limiter les

complications liées aux retards de consolidation et optimiser la récupération fonctionnelle après des fractures tibiales chez l'homme. Une étude réalisée chez l'homme visait à étudier l'effet du fléchisseur du pied sur l'activité des ostéoblastes et la formation de cals chez les patients après des fractures tibiales non articulaires à fixation interne et réduction à foyer ouvert. Un groupe de patients a effectué des exercices isométriques du muscle fléchisseur du pied tandis que dans l'autre groupe, les patients sont restés complètement au repos jusqu'à la cicatrisation osseuse complète. Les résultats de l'étude ont révélé une augmentation moyenne de la phosphatase alcaline osseuse spécifique dans le groupe de patient ayant effectué ces exercices signe d'une activité ostéoblastique supérieure. L'examen radiographique du cal a également montré que la formation de callosités était également supérieure dans ce groupe en se basant sur l'échelle de Hummer. Cette étude a donc finalement montré que la réalisation d'exercices isométriques du muscle fléchisseur du pied après la prise en charge chirurgicale d'une fracture du tibia, améliore chez l'homme, l'activité des ostéoblastes et la formation de callosités, ce qui raccourcira le temps de cicatrisation osseuse (Nasyaruddin Herry Taufik *et al.*, 2019). Néanmoins, une autre étude réalisée chez des souris a étudié l'effet d'une déficience ou d'une diminution d'activité des ostéoclastes et des ostéoblastes sur la cicatrisation osseuse (Xiao *et al.*, 2020). Cette étude a montré que bien qu'une déficience ou une diminution de l'activité des ostéoblastes avait un impact négatif sur la cicatrisation des fractures, la suppression spécifique du gène PDK1 qui conduit à l'abrogation de la formation d'ostéoclastes, entravait le processus de guérison de la fracture en retardant la résorption du cal cartilagineux et le remodelage ultérieur de l'os en os secondaire, plus résistant alors qu'aucun effet sur la formation osseuse des ostéoblastes et l'ostéogenèse n'a été observé. Ceci indique donc que les retards de cicatrisation des fractures sont principalement dûs à une activité défectueuse des ostéoclastes et non en ostéoblastes, ce qui pourrait remettre en question l'avantage de la physiothérapie précoce pour favoriser la cicatrisation osseuse, qui présente un risque de faillite d'implant ou de création d'instabilité et ne stimulant que l'activité ostéoblastique (Nasyaruddin Herry Taufik *et al.*, 2019). A l'instar de l'initiation d'une physiothérapie précoce, l'utilisation de facteurs de croissance basique des fibroblastes humain recombinant (bFGF) commence à être étudiée chez l'animal afin de favoriser la cicatrisation osseuse grâce à la stimulation du remodelage osseux et notamment de l'activité ostéoclastique. Une étude sur l'effet du bFGF sur la cicatrisation des fractures a été réalisée chez des chiens beagles ayant des fractures diaphysaires transverses et a montré que l'injection sur le site de fracture de bFGF permettait une mise en place plus précoce du cal osseux et une augmentation du nombre d'ostéoclastes dans le cal périosté (Nakamura *et al.*, 1998).

Le trop faible nombre de cas de fractures inclus dans notre étude ne nous a pas permis de réaliser les études statistiques multivariées nécessaires pour prendre en compte tous les facteurs de confusion. De plus, ce faible nombre de cas est à l'origine d'un manque de puissance statistique qui a rendu non conclusif certains tests d'association ; ne permettant pas de mettre en évidence tous les facteurs de risques de complications des fracture tibiales. Néanmoins, la poursuite de cette étude de manière optimisée pourrait être un moyen d'établir à terme une classification des patients, des fractures et de leur prise en charge afin d'établir un pronostic pour le patient à partir de données aisément récoltables en clinique. En effet, la prédiction de la période de guérison d'une fracture du tibia chez l'homme à l'aide d'un modèle mathématique est démontrée. Des études récentes ont démontré que la stimulation électrique était un outil de diagnostic et de pronostic dans la guérison des fractures. Cette méthode consiste à appliquer à travers la fracture une tension électrique continue de 0,7 V à différents intervalles de temps puis à les comparer à celles de tables de référence pour diagnostiquer précocement les retards de cicatrisation (Sridevi *et al.*, 2015). Chez le chien, une autre méthode décrite est celle de l'évaluation de la perfusion sanguine du muscle squelettique et du cal à l'aide d'une échographie de contraste (CEUS). Cette méthode a été testée sur des beagle chez qui une ostéotomie transversale simple a été réalisée au niveau de la diaphyse tibiale et une fixation squelettique externe ou un plâtre a été appliqué. Une radiographie, une échographie Doppler puissance et une CEUS ont été réalisées jusqu'à l'obtention d'une consolidation complète. Sur CEUS, les changements vasculaires ont été évalués quantitativement

en mesurant l'intensité maximale et le temps pour atteindre cette intensité maximale dans les tissus mous et les callosités et en comptant les signaux vasculaires. Les signaux vasculaires du périoste et du cal endostéal ont été détectés sur CEUS avant que le cal minéralisé ne soit observé à la radiographie, ce qui a permis de savoir très précocement si la cicatrisation se déroulait normalement ou pas (Jeon *et al.*, 2020).



# Liste des références bibliographiques

---

- AUTEFAGE, A. (1992) Consolidation des fractures, Encyclopédie Vétérinaire, Orthopédie, 3100. Paris, Elsevier Masson
- AVILUCEA F.R., TRIANTAFILLOU K., WHITING P.S., et al. (2016) Suprapatellar Intramedullary Nail Technique Lowers Rate of Malalignment of Distal Tibia Fractures. *J. Orthop. Trauma* 30(10), 557-560
- BAKSH W.R., CHERNEY S.M., MCANDREW C.M., RICCI W.M., GARDNER M.J. (2016) Surgical approaches to intramedullary nailing of the tibia: Comparative analysis of knee pain and functional outcomes. *Injury* 47(4), 958-961
- BARONE R. (1980) Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 2. Arthrologie et myologie, 2<sup>ème</sup> édition. Paris, Vigot
- BARONE R. (1996) Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 5, Angiologie. Paris, Vigot
- BARONE R. (2010) Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 1. Ostéologie, 5<sup>e</sup> édition. Paris, Vigot Frères
- BARONE R., SIMOENS P. (2010) Anatomie comparée des mammifères domestiques. Tome 7. Neurologie II. Système nerveux périphérique, glandes endocrines, esthésiologie. Paris, Vigot
- BEEVER L., GILES K., MEESON R. (2017) Postoperative complications associated with external skeletal fixators in cats. *J. Feline Med. Surg.* 19(7), 727-736
- BEEVER L., GILES K., MEESON R. (2018) Postoperative Complications Associated with External Skeletal Fixators in Dogs. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 31(02), 137-143
- BOONE E.G., JOHNSON A.L., MONTAVON P., HOHN R.B. (1986) Fractures of the tibial diaphysis in dogs and cats. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 188(1), 41-45
- CAYWOOD D.D., WALLACE L.J., BRADEN T.D. (1978) Osteomyelitis in the dog: a review of 67 cases. *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 172(8), 943-946
- COUGHLAN A.R., MILLER A. (1998) BSAVA manual of small animal fracture repair and management. Shurdington, Cheltenham, U.K., British Small Animal Veterinary Association
- DE MEO D., CANNARI F.M., PETRIELLO L., et al. (2020) Gentamicin-Coated Tibia Nail in Fractures and Nonunion to Reduce Fracture-Related Infections: A Systematic Review. *Molecules* 25(22), 5471
- D.L. PIERMATTEI; GRETCHEN L.F.; C.E. DECAMP (2009) manuel d'orthopédie et traitement des fractures des animaux de compagnie. 4<sup>ème</sup> édition. Paris, Med'Com
- DUGAT D., ROCHAT M., RITCHEY J., PAYTON M. (2011) Quantitative analysis of the intramedullary arterial supply of the feline tibia. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 24(05), 313-319
- DUHAUTOIS B. (2003) Use of veterinary interlocking nails for diaphyseal fractures in dogs and cats: 121 cases. *Vet. Surg.* 32(1), 8-20
- DURVILLE A. (1976) Techniques d'ostéosynthèse des fractures tibiofibulaires chez les carnivores domestiques. Thèse de médecine vétérinaire. Ecole Nationale Vétérinaire de Toulouse.
- EKEGREN C., EDWARDS E., DE STEIGER R., GABBE B. (2018) Incidence, Costs and Predictors of Non-Union, Delayed Union and Mal-Union Following Long Bone Fracture. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 15(12), 2845
- ELLIS H. (1958) The speed of healing after fracture of the tibial shaft. *J. Bone Joint Surg. Br.* 40-B(1), 42-46
- FRANCO G.G., MINTO B.W., DREIBI R.M., et al. (2021) Percutaneous application of allogeneic adipose-derived mesenchymal stem cell in dogs submitted to minimally invasive plate osteosynthesis of the tibia. *Acta Cir. Bras.* 36(2), e360206
- GIANNOUDIS P.V., PAPA KOSTIDIS C., ROBERTS C. (2006) A review of the management of open fractures of the tibia and femur. *J. Bone Joint Surg. Br.* 88-B(3), 281-289
- GIANNOUDIS P.V., KANAKARIS N.K., DIMITRIOU R., et al. (2009a) The Synergistic Effect of Autograft and BMP-7 in the Treatment of Atrophic Nonunions. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 467(12), 3239-3248
- GIANNOUDIS P.V., PAPA KOSTIDIS C., KOUVIDIS G., KANAKARIS N.K. (2009b) The role of plating in the operative treatment of severe open tibial fractures: a systematic review. *Int. Orthop.* 33(1), 19-26
- GUO T.-Z., SHI X., LI W.-W., et al. (2019) Sex differences in the temporal development of pronociceptive immune responses in the tibia fracture mouse model. *Pain* 160(9), 2013-2027
- GUSTILLO R., ANDERSON J. (1976) Prevention of Infection in the Treatment of One Thousand and Twenty-five Open Fractures of Long Bones. *J Bone Joint Surg Am.* 58(4), 6
- HALPERN A.A., NAGEL D.A. (1980) Anterior Compartment Pressures in Patients with Tibial Fractures: *J. Trauma Inj. Infect. Crit. Care* 20(9), 786-790



- HAMRICK M.W. (2012) The skeletal muscle secretome: an emerging player in muscle–bone crosstalk. *BoneKEy Rep.* 1(4). 1-60
- HECKMAN M.M., WHITESIDES T.E., GREWE S.R., ROOKS M.D. (1994) Compartment pressure in association with closed tibial fractures. The relationship between tissue pressure, compartment, and the distance from the site of the fracture.: *J. Bone Joint. Surg.* 76(9), 1285-1292
- HILL F.W.G. (1977) A survey of bone fractures in the cat. *J. Small Anim. Pract.* 18(7), 457-463
- HORSTMAN C.L., BEALE B.S., CONZEMIUS M.G., EVANS R. (2004) Biological Osteosynthesis Versus Traditional Anatomic Reconstruction of 20 Long-Bone Fractures Using an Interlocking Nail: 1994-2001. *Vet. Surg.* 33(3), 232-237
- HUDSON C.C., POZZI A., LEWIS D.D. (2009) Minimally invasive plate osteosynthesis: Applications and techniques in dogs and cats. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 22(03), 175-182
- RUSHDI I, CHE-AHMAD A, ABDUL-GHANI K, et al. (2020) Surgical Management of Distal Tibia Fracture: Towards An Outcome-based Treatment Algorithm. *Malays. Orthop. J.* 14(3), 57-65
- IM G.-I., TAE S.-K. (2005) Distal Metaphyseal Fractures of Tibia: A Prospective Randomized Trial of Closed Reduction and Intramedullary Nail Versus Open Reduction and Plate and Screws Fixation: *J. Trauma*, 59(5), 1219-1223
- JEON S., JANG J., LEE G., et al. (2020) Assessment of neovascularization during bone healing using contrast-enhanced ultrasonography in a canine tibial osteotomy model: a preliminary study. *J. Vet. Sci.* 21(1), e10
- JOHNSON J., AUSTIN C., BREUR G. (1994) Incidence of Canine Appendicular Musculoskeletal Disorders in 16 Veterinary Teaching Hospitals from 1980 through 1989. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 7(02), 56-69
- JOHNSTON S.A., TOBIAS K.M. (2017) *Veterinary Surgery: Small Animal Expert Consult.* 2<sup>nd</sup> édition. Edinburgh, Saunders, Elsevier
- JOSSIER R., FUSELLIER M., LABORDE A. (2013) *L'imagerie médicale du chat et du chien au service du praticien.* Issy-les-Moulineaux, Elsevier Masson
- KANAKARIS N.K., PALIOBEIS C., MANIDAKIS N., GIANNOUDIS P.V. (2007) Biological enhancement of tibial diaphyseal aseptic non-unions: the efficacy of autologous bone grafting, BMPs and reaming by-products. *Injury* 38, S65-S75
- LARSEN L., ROUSH J., MCLAUGHLIN R. (1999) Bone plate fixation of distal radius and ulna fractures in small- and miniature-breed dogs. *J. Am. Anim. Hosp. Assoc.* 35(3), 243-250
- LAU T.W., LEUNG F., CHAN C.F., CHOW S.P. (2008) Wound complication of minimally invasive plate osteosynthesis in distal tibia fractures. *Int. Orthop.* 32(5), 697-703
- LIBARDONI R. do N., COSTA D. da, MENEZES F.B., et al. (2018) Classification, fixation techniques, complications and outcomes of femur fractures in dogs and cats: 61 cases (2015-2016). *Ciênc. Rural* 48(6), 1-6
- LIPPUNER K., VOGEL R., TEPIC S., et al. (1992) Effect of animal species and age on plate-induced vascular damage in cortical bone. *Arch. Orthop. Trauma Surg.* 111(2), 78-84
- LIU Y., WANG D., WU X., ZHOU J. (2019) Ischemia Injury: A New Method Accelerates Bone Healing in a Rat Tibia Fracture Model. *BioMed Res. Int.* 2019, 1-10
- LOPAS L.A., BELKIN N.S., MUTYABA P.L., et al. (2014) Fractures in Geriatric Mice Show Decreased Callus Expansion and Bone Volume. *Clin. Orthop.* 472(11), 3523-3532
- LOPEZ-CURTO J.A., BASSINGTHWAIGHTE J.B., KELLY P.J. (1980) Anatomy of the Microvasculature of the Tibial Diaphysis of the Adult Dog. *J. Bone Joint Surg. Am.* 62(8), 1362-1369
- LOUBIGNAC F., CHABAS J.-F. (2009) Ostéosynthèse des fractures périrochantériennes par clou métaphysaire verrouillé : revue des 100 premières implantations du clou Trochanteric™. *Rev. Chir. Orthopédique Traumatol.* 95(2), 158-164
- LOVATI A.B., ROMANÒ C.L., BOTTAGISIO M., et al. (2016) Modeling Staphylococcus epidermidis-Induced Non-Unions: Subclinical and Clinical Evidence in Rats. *PLoS One* 11(1), e0147447
- MARSHALL W.G., FILLIQUIST B., TZIMTZIMIS E., et al. (2022) Delayed union, non-union and mal-union in 442 dogs. *Vet. Surg.* , 51(7), 1087-1095
- MAYHEW D., MENDONCA V., MURTHY B.V.S. (2019) A review of ASA physical status - historical perspectives and modern developments. *Anaesthesia* 74(3), 373-379
- MILOVANCEV M., MUIR P., MANLEY P.A., SEEHERMAN H.J., SCHAEFER S. (2007) Clinical Application of Recombinant Human Bone Morphogenetic Protein-2 in 4 Dogs. *Vet. Surg.* 36(2), 132-140
- MOED B.R., STROM D.E. (1991) Compartment Syndrome after Closed Intramedullary Nailing of the Tibia: A Canine Model and Report of Two Cases. *J. Orthop. Trauma* 5(1), 71-77
- MÜLLER M.E., ALLGÖWER M., SCHNEIDER R., WILLENEGGER H. (2012) *Manual of Internal Fixation: Techniques Recommended by the AO Group.* Berlin, Springer Verlag

- NAKAMURA T., HARA Y., TAGAWA M., *et al.* (1998) Recombinant Human Basic Fibroblast Growth Factor Accelerates Fracture Healing by Enhancing Callus Remodeling in Experimental Dog Tibial Fracture. *J. Bone Miner. Res.* 13(6), 942-949
- NASYARUDDIN H.T., TULAAR A.B.M., MOESBAR N., GANIE R.A. (2019) The Effect of Isometric Exercise Plantar Flexor on Osteoblast Activity Measured by Bone Specific Alkaline Phosphatase and Callus Formation in a Patient Post Open Reduction Internal Fixation with Non-articular Tibia Fracture. *Open Access Maced. J. Med. Sci.* 7(20), 3409-3415
- NOLTE D.M., FUSCO J.V., PETERSON M.E. (2005) Incidence of and predisposing factors for nonunion of fractures involving the appendicular skeleton in cats: 18 cases (1998–2002). *J. Am. Vet. Med. Assoc.* 226(1), 77-82
- OLSON S.A., GLASGOW R.R. (2005) Acute Compartment Syndrome in Lower Extremity Musculoskeletal Trauma: *J. Am. Acad. Orthop. Surg.* 13(7), 436-444
- ONI O., HUI A., GREGG P. (1988) The healing of closed tibial shaft fractures. The natural history of union with closed treatment. *J. Bone Joint Surg. Br.* 70-B(5), 787-790
- O'TOOLE R.V., WHITNEY A., MERCHANT N., *et al.* (2009) Variation in Diagnosis of Compartment Syndrome by Surgeons Treating Tibial Shaft Fractures. *J. Trauma Inj. Infect. Crit. Care* 67(4), 735-741
- OUELLETTE E.A. (1998) Compartment syndromes in obtunded patients. *Hand Clin.* 14(3), 431-450
- OWEN R., TSIMBOUKIS B. (1967) Ischemia complicating closed tibial and fibular shaft fractures. *J. Bone Joint Surg. Br.* 49-B(2), 268-275
- PHILLIPS I.R. (1979) A survey of bone fractures in the dog and cat. *J. Small Anim. Pract.* 20(11), 661-674
- RAMASAMY S.K. (2017) Structure and Functions of Blood Vessels and Vascular Niches in Bone. *Stem Cells Int.* 2017, 1-10
- RHINELANDER F.W., PHILLIPS R.S., STEEL W.M., BEER J.C. (1968) Microangiography in Bone Healing: II. Displaced closed fractures. *J. Bone Joint. Surg.* 50(4), 643-662
- RICHARDSON, E.F. AND THACHER, C.W. (1993) Tibial fractures in cats. *Compend Cont. Educ Pract Vet* 15, 383-394
- ROCHAT MC (2001) Preventing and treating osteomyelitis. *Vet Med* 96, 678-685
- RORABECK C.H., CLARKE K.M. (1978) The Pathophysiology of the Anterior Tibial Compartment Syndrome: An Experimental Investigation. *J. Trauma* 18(5), 299-304
- ROVESTI G.L., MARGINI A., CAPPELLARI F., PEIRONE B. (2006) Clinical application of intraoperative skeletal traction in the dog. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 19(01), 14-19
- SALTER R.B., HARRIS W.R. (1963) Injuries Involving the Epiphyseal Plate: *J. Bone Joint. Surg.* 45(3), 587-622
- SCHAFFER N.E., WILSON J.L., YEE M.A., HAKE M.E. (2020) Intramedullary Nail for a Distal Tibia Fracture. *J. Orthop. Trauma* 34(2), S37-S38
- SCHMIERER P., POZZI A. (2017) Guidelines for surgical approaches for minimally invasive plate osteosynthesis in cats. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 30(04), 272-278
- SEDDON H.J. (1966) Volkmann's ischaemia in the lower limb. *J. Bone Joint Surg.* 48- (B4), 627-636
- SHANG S., ZHANG R., HOU Z. (2017) Necrotizing fasciitis—A catastrophic complication following routine tibia fracture surgery: A case report and literature review. *Medicine (Baltimore)* 96(23), e6908
- SRIDEVI M., PRAKASAM P., KUMARAVEL S., MADHAVA SARMA P. (2015) Tibia Fracture Healing Prediction Using First-Order Mathematical Model. *Comput. Math. Methods Med.* 689035 doi: 10.1155/2015/689035
- SULLIVAN C., ZUCKERMAN J., JAMES D., *et al.* (2022) Surgical and medical management in the treatment of proximal tibial metaphyseal fracture in immature dogs. *PLoS One* 17(6), e0268378
- TAN L., LI Y.-H., LI Y., *et al.* (2018) Tibial plateau fractures (AO type B3) combined with tibial tubercle fracture: Case report and review of the literature. *Medicine (Baltimore)* 97(36), e12015
- TAWFIK V.L., QUARTA M., PAINE P., *et al.* (2020) Angiotensin receptor blockade mimics the effect of exercise on recovery after orthopaedic trauma by decreasing pain and improving muscle regeneration. *J. Physiol.* 598(2), 317-329
- TIAN R., ZHENG F., ZHAO W., *et al.* (2020) Prevalence and influencing factors of nonunion in patients with tibial fracture: systematic review and meta-analysis. *J. Orthop. Surg.* 15(1), 377
- TILE M. (2005) Fracture of the tibia. In the Rationale of Operative Fracture Care. Berlin, Springer-Verlag
- UNGER M., MONTAVON P.M., HEIM U.F.A. (1990) Classification of Fractures of Long Bones in the Dog and Cat: Introduction and Clinical Application. *Vet. Comp. Orthop. Traumatol.* 03(02), 41-50
- VARSEGOVA T.N., SHCHUDLO N.A., SHCHUDLO M.M., *et al.* (2015) The effects of tibial fracture and Ilizarov osteosynthesis on the structural reorganization of sciatic and tibial nerves during the bone consolidation phase and after fixator removal. *Strateg. Trauma Limb Reconstr.* 10(2), 87-94
- VIATEAU V. (2020) Cours Ostéologie, ENVA. UC0422- Chirurgie.

- VIGIER S. (2008) Dense collagen fibrillar matrices: materials for bone healing and for the studies of osteoblasts in three dimension. *Ingénierie biomédicale. Université Pierre et Marie Curie - Paris VI*
- VNUK D., PIRKIĆ B., MATIČIĆ D., *et al.* (2004) Feline high-rise syndrome: 119 cases (1998–2001). *J. Feline Med. Surg.* 6(5), 305-312
- VON RÜDEN C., DIETZ S.-O., SCHMITTENBECHER P., *et al.* (2021) Pediatric aseptic lower leg fracture nonunion. *Eur. J. Trauma Emerg. Surg.* 47(2), 303-311
- VOORT W.V., DAVISON J., HENDRICKSON N., *et al.* (2020) Sarcopenia is Associated with Nonunion of Open Tibia and Ankle Fractures. *Iowa Orthop. J.* 40(1), 153
- WEISS R.J., MONTGOMERY S.M., EHLIN A., *et al.* (2008) Decreasing incidence of tibial shaft fractures between 1998 and 2004: Information based on 10,627 Swedish inpatients. *Acta Orthop.* 79(4), 526-533
- WELSH E.M., GETTINBY G., NOLAN A.M. (1993) Comparison of a visual analogue scale and a numerical rating scale for assessment of lameness, using sheep as a model. *Am. J. Vet. Res.* 54(6), 976-983
- WITTE P.G., BUSH M.A., SCOTT H.W. (2014) Management of feline distal tibial fractures using a hybrid external skeletal fixator. *J. Small Anim. Pract.* 55(11), 571-578
- XIAO D., ZHOU Q., BAI Y., *et al.* (2020) Deficiency of PDK1 in osteoclasts delays fracture healing and repair. *Mol. Med. Rep.* 22(2), 1536-1546
- ZALAVRAS C.G., MARCUS R.E., LEVIN L.S., PATZAKIS M.J. (2007) Management of Open Fractures and Subsequent Complications: *J. Bone Joint. Surg.* 89(4), 884-895
-

# Annexe 1 : classification de l'AOVet

Figure 64: Classification adoptée par l'AO Vet (association d'orthopédie vétérinaire) développée pour permettre de coder les fractures sous forme alphanumérique (d'après Donald L. Piermattei et al., 2009).

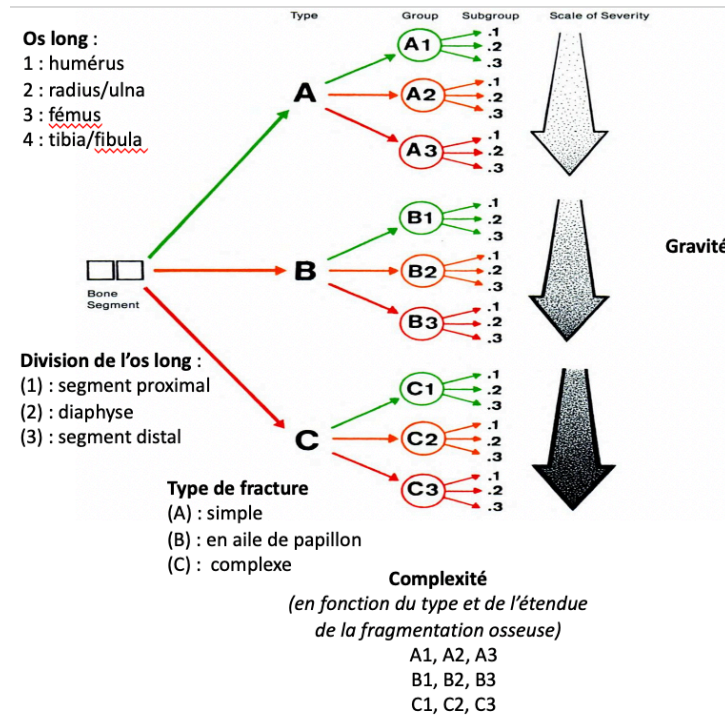
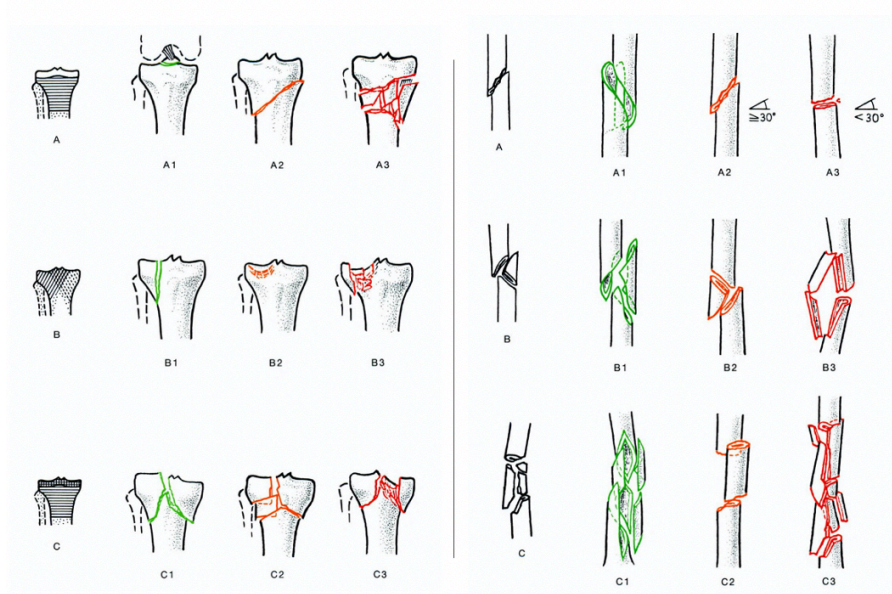


Figure 65: Type et complexité des fractures selon la classification adoptée par l'AO Vet (d'après Donald L. Piermattei et al., 2009).



# Annexe 2 : Données sur les chats

Tableau 2: Tableau regroupant les données épidémiologiques récoltées chez les chats inclus dans l'étude.

numéro de dossier	race	sexe	âge	NEC	maladies concomitantes	mode de survenue de la fracture
A10-2862	européen	Femelle stérilisée	72	3	/	traumatisme important
A10-9148	européen	Mâle entier	12	3	/	traumatisme important
A10-10787	européen	Mâle castré	36	4	/	traumatisme important
A09-5180	européen	Mâle castré	24	3	/	traumatisme important
A10-18005	angora	Mâle entier	24	3	/	traumatisme important
A10-5253	européen	Mâle entier	4	3	Reflux mitrale protosystolique sans	traumatisme important
A13-7466	européen	Femelle stérilisée	48	/	/	traumatisme important
A13-12234	européen	Mâle castré	18	3	/	traumatisme important
A13-11849	européen	Femelle stérilisée	120	3	/	traumatisme important
A13-15421	siamois	Mâle entier	4	3	/	traumatisme léger
A14-2122	sibérien	Mâle castré	18	3	/	traumatisme léger
A14-8770	européen	Mâle castré	24	4	/	traumatisme léger
A15-5834	européen	Mâle castré	84	3	/	traumatisme léger
A15-7912	européen	Mâle entier	10	3	/	traumatisme important
A15-10015	européen	Mâle castré	18	3	/	traumatisme important
A16-2486	européen	Mâle castré	9	3	/	traumatisme important
A16-3908	européen	Mâle castré	84	5	/	traumatisme léger
A16-11662	européen	Mâle castré	12	4	/	traumatisme léger
A17-1544	européen	Mâle castré	10	3	/	traumatisme léger
A19-14552	européen	Mâle entier	4	2	/	traumatisme important
A20-4207	européen sh	Femelle stérilisée	8	2	/	traumatisme important
A20-12990	européen	Femelle stérilisée	11	3	/	traumatisme important
A21-2777	européen	Mâle castré	60	4	/	traumatisme important
A19-13625	européen	Femelle stérilisée	24	4	/	traumatisme léger
A21-9671	européen	Mâle castré	36	4	/	traumatisme important
A21-11442	européen	Femelle entière	6	2	/	traumatisme important

Tableau 3: Tableau regroupant les données biologiques récoltées chez les chats inclus dans l'étude.

numéro de dossier	ht/PT	Biochimie	Ionogramme	SAA	autre
A10-2862	RAS	NR	NR	NR	/
A10-9148	RAS	NR	RAS	NR	/
A10-10787	RAS	RAS	RAS	NR	/
A09-5180	RAS	RAS	NR	NR	/
A10-18005	RAS	NR	NR	NR	/
A10-5253	RAS	RAS	RAS	NR	/
A13-7466	RAS	RAS	NR	NR	/
A13-12234	RAS	creat = 14	lactates = 2,9	NR	/
A13-11849	RAS	RAS	NR	NR	/
A13-15421	RAS	RAS	NR	NR	/
A14-2122	RAS	RAS	NR	NR	/
A14-8770	RAS	RAS	NR	NR	/
A15-5834	RAS	RAS	NR	NR	/
A15-7912	RAS	RAS	NR	NR	/
A15-10015	RAS	RAS	NR	NR	/
A16-2486	RAS	RAS	NR	NR	/
A16-3908	RAS	RAS	NR	NR	/
A16-11662	RAS	RAS	NR	NR	/
A17-1544	RAS	RAS	NR	NR	/
A19-14552	RAS	RAS	NR	NR	/
A20-4207	RAS	RAS	NR	NR	/
A20-12990	RAS	RAS	NR	NR	/
A21-2777	RAS	RAS	NR	NR	/
A19-13625	RAS	RAS	NR	NR	/
A21-9671	RAS	RAS	NR	NR	/
A21-11442	RAS	RAS	NR	NR	/



**Tableau 4: Tableau regroupant les données cliniques préopératoires récoltées chez les chats inclus dans l'étude.**

numéro de dossier	score de boiterie	caractère ouvert/fermé	lésions associées	score ASA	Délais de prise en charge	Circuit de prise en charge	antibioprophylaxie
A10-2862	5	fermée	pneumothorax + autres atteintes ostéoarticulaires + déficit moteur et sensitif N.fibulaire	3	72h - 1sem	passage par les soins intensifs	oui
A10-9148	5	fermée	épanchement pleural + hémorragie médiastinale	4	24-72h	passage par les soins intensifs	oui
A10-10787	5	fermée	autres atteintes ostéoarticulaires	2	24-72h	passage par les soins intensifs	non
A09-5180	5	fermée	/	2	72h - 1sem	passage par les consultations	non
A10-18005	5	fermée	hémorragie médiastinale	3	24-72h	passage par les soins intensifs	non
A10-5253	5	fermée	/	2	24-72h	passage par les soins intensifs	non
A13-7466	5	fermée	/	2	24-72h	passage par les soins intensifs	non
A13-12234	5	ouverte	pneumothorax + autres atteintes ostéoarticulaires	3	24-72h	passage par les soins intensifs	oui
A13-11849	5	fermée	état de choc	2	72h - 1sem	passage par les soins intensifs	non
A13-15421	5	fermée	/	2	12-24h	passage par les soins intensifs	non
A14-2122	5	fermée	autres atteintes ostéoarticulaires	2	24-72h	passage par les consultations	oui
A14-8770	5	fermée	plaies cutanées	2	24-72h	passage par les soins intensifs	non
A15-5834	5	fermée	/	2	24-72h	passage par les soins intensifs	non
A15-7912	5	fermée	autres atteintes ostéoarticulaires	2	24-72h	passage par les soins intensifs	non
A15-10015	5	fermée	autres atteintes ostéoarticulaires + hémorragie médiastinale	3	72h - 1sem	passage par les soins intensifs	non
A16-2486	5	ouverte	contusions pulmonaires + pancréatite traumatique	3	72h - 1sem	passage par les soins intensifs	oui
A16-3908	5	fermée	/	2	24-72h	passage par les consultations	non
A16-11662	4	fermée	/	2	24-72h	passage par les consultations	non
A17-1544	5	fermée	/	2	24-72h	passage par les consultations	non
A19-14552	5	fermée	contusions pulmonaires + pneumothorax modéré	2	24-72h	passage par les soins intensifs	non
A20-4207	5	ouverte	/	2	12-24h	passage par les soins intensifs	non
A20-12990	5	fermée	autres atteintes ostéoarticulaires + hémorragie médiastinale + contusions pulmonaires	3	24-72h	passage par les soins intensifs	non
A21-2777	5	ouverte	contusions pulmonaires	2	12-24h	passage par les soins intensifs	oui
A19-13625	4	fermée	/	2	72h - 1sem	passage par les consultations	non
A21-9671	5	ouverte	autres atteintes ostéoarticulaires + contusions pulmonaires	2	24-72h	passage par les soins intensifs	oui
A21-11442	5	fermée	autres atteintes ostéoarticulaires + contusions pulmonaires + petit pneumomédiastin	3	72h - 1sem	passage par les consultations	non

**Tableau 5: Tableau regroupant les données radiographiques préopératoires récoltées chez les chats inclus dans l'étude.**

numéro de dossier	A propos de la fracture					
	localisation	morphologie	orientation	comminution	déplacement	classification AO
A10-2862	diaphysaire centrale	esquilleuse	complexe	multiple	sévère	4.(2).C3
A10-9148	diaphysaire distale	esquilleuse	complexe	multiple	modéré	4.(2).C2
A10-10787	diaphysaire centrale	esquilleuse	complexe	multiple	modéré	4.(2).C2
A09-5180	diaphysaire centrale	simple	spiroïde	multiple	léger	4.(2).A3
A10-18005	diaphysaire centrale	simple	spiroïde	aucune	léger	4.(2).A2
A10-5253	diaphysaire proximale	Salter Harris type II	transverse	aucune	modéré	4.(1).A3
A13-7466	diaphysaire distale	simple	oblique	aucune	modéré	4.(3).A2
A13-12234	diaphysaire centrale	esquilleuse	oblique	multiple	modéré	4.(2).A3
A13-11849	diaphysaire proximale	esquilleuse	complexe	multiple	modéré	4.(1).C3
A13-15421	diaphysaire centrale	simple	oblique	aucune	léger	4.(2).A2
A14-2122	diaphysaire proximale	simple	spiroïde	aucune	modéré	4.(1).A1
A14-8770	articulaire	simple	transverse	aucune	léger	4.(3).A3
A15-5834	diaphysaire distale	simple	oblique	aucune	léger	4.(3).A2
A15-7912	diaphysaire distale	esquilleuse	complexe	multiple	sévère	4.(3).C3
A15-10015	diaphysaire centrale	esquilleuse	transverse	multiple	modéré	4.(2).A3
A16-2486	diaphysaire centrale	esquilleuse	complexe	multiple	modéré	4.(1).C3
A16-3908	diaphysaire distale	simple	oblique	aucune	léger	4.(3).A1
A16-11662	diaphysaire centrale	simple	transverse	aucune	modéré	4.(2).A3
A17-1544	diaphysaire distale	Salter Harris type I	transverse	aucune	aucun	4.(3).A3
A19-14552	diaphysaire distale	simple	transverse	aucune	léger	4.(2).A3
A20-4207	diaphysaire centrale	simple	transverse	multiple	léger	4.(2).A3
A20-12990	diaphysaire distale	Salter Harris type II	transverse	aucune	aucun	4.(3).A3
A21-2777	diaphysaire distale	simple	oblique	aucune	modéré	4.(2).A2
A19-13625	diaphysaire distale	esquilleuse	oblique	aucune	léger	4.(3).C1
A21-9671	diaphysaire centrale	esquilleuse	complexe	multiple	modéré	4.(2).C3
A21-11442	diaphysaire distale	esquilleuse	transverse	aucune	modéré	4.(3).A3

**Tableau 6: Tableau regroupant les données per-opératoires récoltées chez les chats inclus dans l'étude.**

numéro de dossier	anesthésie			intervention chirurgicale						
	hypotension	signes de douleur	réveil per-op	Expérience du chirurgien	durée de l'intervention	technique d'ostéosynthèse	greffe osseuse	intention de fermeture	prélèvement bactériologique	saignements
A10-2862	NC	NC	NC	présence d'un enseignant chercheur	ND	plaque vérouillée + clou centromédullaire	non réalisée	première intention	non réalisé	ND
A10-9148	NC	NC	NC	présence d'un enseignant chercheur	ND	plaque vérouillée + clou centromédullaire	non réalisée	première intention	non réalisé	ND
A10-10787	sans objet	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	ND	fixateur externe	non réalisée	première intention	non réalisé	ND
A09-5180	NC	NC	NC	absence d'un enseignant chercheur	ND	cerclage + plaque vérouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	ND
A10-18005	NC	NC	NC	présence d'un enseignant chercheur	ND	plaque vérouillée + clou centromédullaire	non réalisée	première intention	non réalisé	ND
A10-5253	NC	NC	NC	présence d'un enseignant chercheur	ND	haubanage + cerclage + broche	non réalisée	première intention	non réalisé	ND
A13-7466	< moitié de la chirurgie	tachycardie + tachypnée	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	1h50	plaque vérouillée + clou centromédullaire	non réalisée	première intention	non réalisé	saignements conséquents
A13-12234	1 occurrence de	tachycardie + tachypnée	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	2h30	plaque vérouillée + clou centromédullaire	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A13-11849	sans objet	tachycardie	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	2h	plaque vérouillée + vis de traction + clou centromédullaire	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A13-15421	sans objet	sans objet	sans objet	présence d'un enseignant chercheur		plaque vérouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A14-2122	sans objet	tachycardie	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	3h10	plaque vérouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A14-8770	sans objet	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	1h10	fixateur externe	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A15-5834	1 occurrence de	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	3h00	fixateur externe	non réalisée	première intention	non réalisé	quelques saignements
A15-7912	sans objet	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	1h10	plaque vérouillée + clou centromédullaire	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A15-10015	sans objet	tachycardie + hypertensio	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	1h55	plaque vérouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A16-2486	< moitié de la chi	tachycardie	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	1h15	fixateur externe + plaque simple	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A16-3908	sans objet	sans objet	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	2h	fixateur externe + plaque simple	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A16-11662	sans objet	sans objet	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	55 min	plaque vérouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A17-1544	quelques phases	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	3h30	fixateur externe + brochage en croix	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A19-14552	sans objet	tachycardie + tachypnée	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	1h25	plaque vérouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A20-4207	sans objet	tachycardie	oui	présence d'un enseignant chercheur	1h45	plaque vérouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A20-12990	sans objet	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	3h00	fixateur externe + brochage en croix	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A21-2777	sans objet	tachycardie	oui	absence d'un enseignant chercheur	1h40	plaque vérouillée	non réalisée	première intention	réalisé	presque aucun
A19-13625	sans objet	tachycardie + tachypnée	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	1h00	fixateur externe	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A21-9671	sans objet	sans objet	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	2h	plaque vérouillée + clou centromédullaire	non réalisée	première intention	non réalisé	quelques saignements
A21-11442	sans objet	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	1h30	fixateur externe	non réalisée	première intention	non réalisé	quelques saignements

**Tableau 7: Tableau regroupant les données cliniques post-opératoires récoltées chez les chats inclus dans l'étude.**

numéro de dossier	score de boiterie	complication au niveau des tissus mous	analgésie	AINS	antibiotiques	repos strict	cryothérapie	physiothérapie
A10-2862		4 Infection	oui	oui	oui	<1 sem	non	non
A10-9148		2 sans objet	non	oui	oui	1-2 sem	non	non
A10-10787		4 sans objet	oui	oui	oui	1-2mois	non	non
A09-5180		4 sans objet	oui	oui	oui	3-4sem	non	non
A10-18005		4 sans objet	oui	oui	non	>2 mois	non	non
A10-5253		0 sans objet	oui	oui	oui	1-2mois	non	non
A13-7466		3 déhiscence de plaie	oui	oui	oui	2-3 sem	non	non
A13-12234		0 sans objet	oui	oui	oui	<1 sem	non	non
A13-11849		4 sans objet	oui	oui	oui	1-2mois	non	non
A13-15421		0 sans objet	non	oui	non	2-3 sem	non	non
A14-2122		0 sans objet	oui	oui	oui	1-2mois	non	non
A14-8770		3 infection	oui	oui	oui	1-2mois	non	non
A15-5834		0 sans objet	oui	oui	oui	<1 sem	non	non
A15-7912		2 sans objet	oui	oui	oui	1-2mois	non	non
A15-10015		3 Infection	oui	oui	oui	1-2mois	non	non
A16-2486		4 sans objet	oui	oui	oui	3-4sem	non	non
A16-3908		4 sans objet	oui	oui	oui	3-4sem	non	non
A16-11662		3 sans objet	oui	oui	oui	1-2mois	non	non
A17-1544		3 sans objet	non	oui	non	1-2 sem	non	non
A19-14552		0 sans objet	oui	oui	oui	1-2mois	non	non
A20-4207		2 sans objet	oui	oui	non	3-4sem	non	non
A20-12990		3 sans objet	oui	oui	non	1-2mois	non	non
A21-2777		3 infection	oui	oui	non	3-4sem	oui	non
A19-13625		4 Infection	oui	oui	non	2-3 sem	oui	non
A21-9671		1 infection	oui	oui	oui	3-4sem	oui	non
A21-11442		3 sans objet	oui	oui	oui	2-3 sem	non	non



**Tableau 8: Tableau regroupant les données radiographiques post-opératoires récoltées chez les chats inclus dans l'étude.**

numéro de dossier	post-op immédiat	cicatrisation de la fracture				complications					clinique		
		qualité de la réduction	mise en place du cal osseux	délais de consolidation	désaxation/ déformation/ atteinte articulaire	ostéomyélite	débricolage	nouvelle fracture	tissus mous	à propos du matériel d'ostéosynthèse	autre	reprise d'appui tardive	boiterie chronique
A10-2862	montage en place et apposition osseuse correcte : micro-mouvements	1- 2 mois	2-3 mois	sans objet	sans objet	à 2-3 mois	sans objet	sans objet	turnefaction à 3 mois -> AMO	AMO sur infection	sans objet	>2 mois après chir	0
A10-9148	montage en place et très bonne apposition osseuse	15j- 1 mois	2-3 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	2 sem - 1 mois après chir	0
A10-10787	montage en place mais perte de substance	1- 2 mois	3-6 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	> 2 mois après chir	0
A09-5180	montage en place et très bonne apposition osseuse	1- 2 mois	3-6 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	> 2 mois après chir	0
A10-18005	montage en place et très bonne apposition osseuse	15j- 1 mois	1- 2 mois	mal union à 1 mois	sans objet	à 1 mois (AMO)	sans objet	sans objet	débricolage nécessitant une AMO	mal union	sans objet	1- 2 mois après chir	2
A10-5253	montage en place et très bonne apposition osseuse	< 15 jours	2-3 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	2 sem - 1 mois après chir	0
A13-7466	montage en place et très bonne apposition osseuse	< 15 jours	2-3 mois	sans objet	sans objet	à 1 mois (léger)	sans objet	débricolage	débricolage sans conséquence	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	0
A13-12234	montage en place et apposition osseuse correcte : micro-mouvements	15j- 1 mois	1- 2 mois	valgus	sans objet	plage (nouvelle plaque)	sans objet	sans objet	débricolage nécessitant une réintervention	valgus	sans objet	2 sem après chir	0
A13-11849	montage en place et apposition osseuse correcte : micro-mouvements	< 15 jours	2-3 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	2 sem après chir	0
A13-15421	montage en place mais perte de substance	< 15 jours	1- 2 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	<1 sem après chir	0
A14-2122	montage en place et très bonne apposition osseuse	15j- 1 mois	1- 2 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	2 sem - 1 mois après chir	0
A14-8770	montage en place et très bonne apposition osseuse	15j- 1 mois	1- 2 mois	sans objet	sans objet	à 1 mois = arthrite septique	sans objet	sans objet	inflammation tissus	AMO sur infection	sans objet	1- 2 mois après chir	0
A15-9334	montage en place et apposition osseuse correcte : micro-mouvements	15j- 1 mois	6 mois - 1 an	pseudarthrose	sans objet	à 1 mois (léger)	sans objet	sans objet	débricolage sans conséquence	pseudarthrose	sans objet	2 sem - 1 mois après chir	0
A15-7912	montage en place et apposition osseuse correcte : micro-mouvements	15j- 1 mois	2-3 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	2 sem - 1 mois après chir	0
A15-10015	montage en place et très bonne apposition osseuse	15j- 1 mois	6 mois - 1 an	synostose tibio-fibulaire	sans objet	à 4-5 mois	sans objet	sans objet	turnefaction à 5 mois -> AMO	AMO sur infection	synostose tibio-fibulaire	> 2 mois après chir	0
A16-2486	montage en place mais perte de substance	15j- 1 mois	3-6 mois	pseudarthrose	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	pseudarthrose	> 2 mois après chir	1
A16-3908	montage en place et très bonne apposition osseuse	< 15 jours	1- 2 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	0
A16-11662	montage en place et très bonne apposition osseuse	15j- 1 mois	1- 2 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	2
A17-1544	montage en place et très bonne apposition osseuse	15j- 1 mois	2-3 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	0
A19-14552	montage en place et très bonne apposition osseuse	< 15 jours	1- 2 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	<1 sem après chir	0
A20-4207	montage en place et très bonne apposition osseuse	< 15 jours	1- 2 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	2 sem - 1 mois après chir	0
A20-12990	montage en place et très bonne apposition osseuse	15j- 1 mois	1- 2 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	0
A21-2777	montage en place et très bonne apposition osseuse	1- 2 mois	6 mois - 1 an	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	abcès à 1 mois	sans objet	abcès tissus mous	> 2 mois après chir	0
A19-13625	montage en place et apposition osseuse correcte : micro-mouvements	15j- 1 mois	3-6 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	0
A21-9671	montage en place mais perte de substance	15j- 1 mois	6 mois - 1 an	mal union à 8 mois	sans objet	à 7 mois	sans objet	sans objet	turnefaction à 8 mois	AMO sur infection	mal union	2 sem - 1 mois après chir	0
A21-11442	montage en place et très bonne apposition osseuse	15j- 1 mois	1- 2 mois	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	sans objet	2 sem - 1 mois après chir	2

# Annexe 3 : Données sur les chiens

**Tableau 9: Tableau regroupant les données épidémiologiques récoltées chez les chiens inclus dans l'étude.**

numéro de dossier	race	sexe	âge	NEC	maladies concomitantes	mode de survenue de la fracture
A10-3518	bull terrier	Mâle entier	5 mois	3	sténose aortique et pulmonaire + dysplasie mit	traumatisme léger
A10-6414	labrador	Femelle entière	1 an	3	/	traumatisme important
A10-6861	bichon	Mâle castré	14 ans	4	MVDM stade 1 échographique	traumatisme important
A10-4671	scottish terrier	Femelle stérilisée	11 mois	3	/	traumatisme léger
A11-951	jagd terrier	Mâle entier	5 ans	2	/	traumatisme important
A11-2242	croisé cane corso	Mâle entier	4 mois	3	/	traumatisme important
A11-4412	labrador	Mâle castré	1,5 ans	3	/	traumatisme léger
A12-6904	bull terrier	Femelle entière	7 mois	2	/	traumatisme léger
A13-15262	coton de tuléar	Mâle entier	8 mois	3	/	traumatisme important
A14-1438	boston terrier	Mâle entier	4,5 mois	3	/	traumatisme léger
A14-5318	bull terrier	Mâle entier	7 mois	2	souffle systolique apexien gauche 2/6	traumatisme léger
A15-98	épagneul breton	Femelle entière	5 ans	2	/	traumatisme léger
A15-9028	american staffordshire terrier	Femelle stérilisée	11 ans	3	/	traumatisme léger
A15-10672	teckel	Mâle castré	5 ans	3	/	traumatisme léger
A15-14871	staffordshire bull terrier	Femelle entière	5 mois	2	/	traumatisme important
A16-489	labrador	Mâle entier	3 ans	3	/	traumatisme léger
A16-3051	chihuahua	Femelle entière	10 mois	3	/	traumatisme léger
A16-12567	american staffordshire terrier	Femelle entière	10 mois	3	/	traumatisme important
A16-16031	staffordshire bull terrier	Femelle entière	10 mois	3	/	traumatisme important
A17-13358	border collie	Femelle entière	3 ans	3	/	traumatisme léger
A18-1870	beagle	Femelle entière	6 mois	3	/	traumatisme léger
A18-2068	westie	Mâle entier	4 mois	3	/	traumatisme léger
A20-3605	boxer	Femelle entière	4 mois	3	/	traumatisme important
A19-15612	cavalier king charles	Femelle entière	1 an	4	/	traumatisme léger
A20-15288	staffordshire bull terrier	Mâle entier	5 mois	3	/	traumatisme léger
A20-15458	staffordshire bull terrier	Femelle entière	4 mois	2	/	traumatisme léger
A21-6	american staffordshire terrier	Femelle entière	5 mois	3	/	traumatisme léger
A21-2728	spitz nain	Mâle entier	4,5 ans	3	/	traumatisme important
A20-11092	staffordshire bull terrier	Femelle stérilisée	11 mois	3	/	traumatisme léger

**Tableau 10: Tableau regroupant les données biologiques récoltées chez les chiens inclus dans l'étude.**

numéro de dossier	ht/ PT	Biochimie	Ionogramme	autre
A10-3518	RAS	NR	NR	/
A10-6414	RAS	NR	lactates = 5,8 mmol/L	/
A10-6861	RAS	RAS	lactates = 2,6 mmol/L	hypotension
A10-4671	RAS	RAS	RAS	/
A11-951	RAS	NR	NR	/
A11-2242	RAS	NR	NR	/
A11-4412	RAS	NR	NR	/
A12-6904	RAS	RAS	NR	/
A13-15262	RAS	NR	lactates = 3,2 mmol/L	/
A14-1438	RAS	RAS	NR	/
A14-5318	RAS	RAS	NR	/
A15-98	RAS	RAS	NR	/
A15-9028	NR	NR	NR	/
A15-10672	RAS	RAS	NR	/
A15-14871	RAS	RAS	NR	/
A16-489	RAS	RAS	NR	/
A16-3051	RAS	NR	NR	/
A16-12567	RAS	RAS	NR	/
A16-16031	RAS	NR	NR	/
A17-13358	RAS	NR	NR	/
A18-1870	RAS	RAS	NR	/
A18-2068	NR	RAS	NR	/
A20-3605	RAS	RAS	NR	/
A19-15612	NR	NR	NR	/
A20-15288	RAS	NR	NR	/
A20-15458	RAS	RAS	RAS	/
A21-6	NR	NR	NR	/
A21-2728	RAS	RAS	RAS	/
A20-11092	NR	NR	NR	/

**Tableau 11: Tableau regroupant les données cliniques préopératoires récoltées chez les chiens inclus dans l'étude.**

numéro de dossier	score de boiterie	caractère ouvert/fermé	lésions associées	score ASA	Délais de prise en charge	Circuit de prise en charge	antibioprophylaxie
A10-3518	5	fermée	/	2	<12h	passage par les consultations	non
A10-6414	5	ouverte	/	3	<12h	passage par les soins intensifs	non
A10-6861	5	ouverte	brèche abdominale + perte de substance cutanée importante en région thoracique	4	24-72h	passage par les soins intensifs	oui
A10-4671	5	fermée	/	2	12-24h	passage par les consultations	non
A11-951	5	ouverte	plaies perforantes cavité abdominale et péritonite	3	24-72h	passage par les soins intensifs	oui
A11-2242	5	fermée	plaies cutanées	2	24-72h	passage par les soins intensifs	non
A11-4412	5	fermée	/	2	12-24h	passage par les consultations	non
A12-6904	5	fermée	/	2	24-72h	passage par les consultations	non
A13-15262	5	fermée	/	2	12-24h	passage par les soins intensifs	non
A14-1438	5	fermée	/	2	72h - 1sem	passage par les consultations	non
A14-5318	5	fermée	/	2	72h - 1sem	passage par les soins intensifs	non
A15-98	5	fermée	/	2	72h - 1sem	passage par les consultations	non
A15-9028	5	fermée	/	2	24-72h	passage par les soins intensifs	non
A15-10672	5	fermée	/	2	24-72h	passage par les consultations	non
A15-14871	5	fermée	/	2	72h - 1sem	passage par les consultations	non
A16-489	5	fermée	/	2	72h - 1sem	passage par les consultations	non
A16-3051	5	fermée	/	2	24-72h	passage par les consultations	non
A16-12567	5	fermée	/	2	24-72h	passage par les consultations	non
A16-16031	5	fermée	autres atteintes ostéoarticulaires	2	12-24h	passage par les consultations	non
A17-13358	5	fermée	/	2	72h - 1sem	passage par les soins intensifs	non
A18-1870	5	fermée	/	2	12-24h	passage par les soins intensifs	non
A18-2068	5	fermée	/	2	72h - 1sem	passage par les consultations	non
A20-3605	5	fermée	?	2	24-72h	passage par les consultations	non
A19-15612	5	fermée	/	2	12-24h	passage par les consultations	non
A20-15288	4	fermée	/	2	72h - 1sem	passage par les consultations	non
A20-15458	5	fermée	/	2	24-72h	passage par les soins intensifs	non
A21-6	5	fermée	/	2	24-72h	passage par les consultations	non
A21-2728	5	fermée	autres atteintes ostéoarticulaires	2	24-72h	passage par les soins intensifs	oui
A20-11092	4	fermée	/	2	24-72h	passage par les soins intensifs	non



**Tableau 12: Tableau regroupant les données radiographiques préopératoires récoltées chez les chiens inclus dans l'étude.**

numéro de dossier	A propos de la fracture					
	localisation	morphologie	orientation	comminution	déplacement	classification AO
A10-3518	diaphysaire centrale	en aile de papillon	complexe	multiple	léger	4.(2).B2
A10-6414	diaphysaire proximale	simple	oblique	aucune	modéré	4.(1).A1
A10-6861	diaphysaire distale	complexe	spiroïde	bifocale	modéré	4.(3).C2
A10-4671	diaphysaire centrale	simple	spiroïde	aucune	léger	4.(2).A2
A11-951	diaphysaire proximale	esquilleuse	esquilleuse	multiple	léger	4.(1).C1
A11-2242	diaphysaire distale	simple	oblique	aucune	léger	4.(1).A1
A11-4412	diaphysaire distale	simple	spirochète	aucune	léger	4.(2).A3
A12-6904	diaphysaire proximale	simple	spiroïde	aucune	modéré	4.(1).A2
A13-15262	diaphysaire centrale	esquilleuse	spiroïde	multiple	léger	4.(2).C2
A14-1438	diaphysaire proximale	complexe	transverse	bifocale	absent	4.(1).B2
A14-5318	diaphysaire centrale	en aile de papillon	spiroïde	aucune	modéré	4.(2).B2
A15-98	diaphysaire centrale	esquilleuse	transverse	multiple	léger	4.(2).A2
A15-9028	diaphysaire centrale	simple	oblique	aucune	modéré	4.(2).A2
A15-10672	diaphysaire centrale	simple	oblique	aucune	léger	4.(2).A1
A15-14871	avulsion de la crête tibiale	simple	complexe	aucune	sévère	4.(1).A3
A16-489	diaphysaire proximale	simple	oblique	multiple	modéré	4.(1).A3
A16-3051	diaphysaire distale	Salter-Harris	transverse	aucune	léger	SH Type II
A16-12567	avulsion de la crête tibiale	simple	oblique	aucune	léger	4.(1).B2
A16-16031	diaphysaire proximale	simple	oblique	aucune	léger	4.(1).B1
A17-13358	diaphysaire centrale	simple	transverse	aucune	modéré	4.(2).A3
A18-1870	diaphysaire centrale	en aile de papillon	complexe	multiple	léger	4.(2).B2
A18-2068	avulsion de la crête tibiale	Salter-Harris	oblique	multiple	léger	4.(1).B1
A20-3605	diaphysaire centrale	simple	oblique	aucune	modéré	4.(2).A2
A19-15612	diaphysaire distale	simple	spiroïde	aucune	modéré	4.(3).A1
A20-15288	avulsion de la crête tibiale	en aile de papillon	complexe	aucune	modéré	4.(1).A3
A20-15458	avulsion de la crête tibiale	Salter-Harris	complexe	bifocale	sévère	SH Type II
A21-6	avulsion de la crête tibiale	Salter-Harris	complexe	bifocale	modéré	SH Type II
A21-2728	diaphysaire proximale	esquilleuse	oblique	multiple	modéré	4.(1).B1
A20-11092	diaphysaire centrale	complexe	spiroïde	aucune	absent	4.(2).A1

**Tableau 13: Tableau regroupant les données per-opératoires récoltées chez les chiens inclus dans l'étude.**

numéro de dossier	anesthésie			intervention chirurgicale						
	hypotension	signes de douleur	réveil per-op	Expérience du chirurgien	durée de l'intervention	technique d'ostéosynthèse	greffe osseuse	intention de fermeture	prélèvement bactériologique	saignements
A10-3518	sans objet	sans objet	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	ND	plaque verrouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	non
A10-6414	sans objet	sans objet	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	ND	plaque verrouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	quelques saignements
A10-6861	sans objet	sans objet	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	ND	fixateur externe	non réalisée	première intention	réalisé	presque aucun
A10-4671	sans objet	sans objet	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	ND	cerclage + plaque verrouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A11-951	sans objet	tachycardie + tachypnée	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	ND	plaque verrouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A11-2242	sans objet	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	ND	plaque vissée bicorticale	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A11-4412	sans objet	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	3h30	plaque vissée + cerclage	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A12-6904	sans objet	tachycardie	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	1h45	plaque verrouillée + clou centromédullaire	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A13-15262	sans objet	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	3h00	plaque verrouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A14-1438	sans objet	tachycardie + tachypnée	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	1h30	fixateur externe	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A14-5318	sans objet	sans objet	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	3h	plaque vissée + cerclage	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A15-98	sans objet	sans objet	oui	présence d'un enseignant chercheur	2h	plaque vissée bicorticale	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A15-9028	sans objet	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	NC	plaque verrouillée + clou centromédullaire	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A15-10672	sans objet	sans objet	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	1h20	fixateur externe	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A15-14871	1 occurrence de courte durée	tachycardie + tachypnée	oui	absence d'un enseignant chercheur	1h50	plaque verrouillée + vis de compression	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A16-489	sans objet	sans objet	oui	absence d'un enseignant chercheur	2h30	plaque vissée bicorticale	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A16-3051	sans objet	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	2h	fixateur externe + brochage	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A16-12567	sans objet	tachycardie + tachypnée	oui	présence d'un enseignant chercheur	1h20	vis + broches	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A16-16031	> moitié de la chirurgie	tachycardie + tachypnée	oui	absence d'un enseignant chercheur	2h50	plaque verrouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A17-13358	1 occurrence de courte durée	sans objet	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	1h30	plaque vissée bicorticale	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A18-1870	sans objet	sans objet	oui	présence d'un enseignant chercheur	50 min	plaque verrouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A18-2068	< moitié de la chirurgie	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	50 min	brochage	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A20-3605	sans objet	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	NC	plaque verrouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A19-15612	sans objet	sans objet	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	NC	plaque verrouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A20-15288	sans objet	sans objet	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	NC	haubannage + cerclage + broche	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A20-15458	sans objet	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	NC	brochage	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A21-6	sans objet	sans objet	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	1h	brochage	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A21-2728	sans objet	tachycardie + tachypnée	sans objet	absence d'un enseignant chercheur	1h30	plaque verrouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun
A20-11092	sans objet	tachycardie	sans objet	présence d'un enseignant chercheur	30 min	plaque verrouillée	non réalisée	première intention	non réalisé	presque aucun

**Tableau 14: Tableau regroupant les données cliniques post-opératoires récoltées chez les chiens inclus dans l'étude.**

numéro de dossier	score de boiterie à 1 mois post-op	complication au niveau des tissus mous	analgésie	AINS	antibiotiques	reposit strict	cryothérapie	physiothérapie
A10-3518	0	sans objet	oui	oui	oui	<1 sem	non	non
A10-6414	1	sans objet	oui	oui	oui	1-2 sem	non	non
A10-6861	4	sans objet	oui	oui	oui	>4 mois	non	non
A10-4671	0	sans objet	non	oui	oui	1-2mois	non	non
A11-951	1	sans objet	oui	oui	oui	1-2mois	non	non
A11-2242	2	sans objet	oui	oui	oui	3-4sem	non	non
A11-4412	3	sans objet	oui	oui	oui	3-4sem	non	non
A12-6904	3	sans objet						
A13-15262	2	sans objet	non	oui	oui	1-2mois	non	non
A14-1438	4	sans objet	oui	oui	oui	3-4sem	non	non
A14-5318	3	sans objet	oui	oui	oui	3-4sem	non	non
A15-98	2	infection des tissus mous	non	oui	non	3-4sem	non	non
A15-9028	5	abcès tissus mous	non	oui	oui		non	non
A15-10672	3	sans objet				1-2mois		
A15-14871	0	sans objet	non	oui	non	1-2 sem	non	non
A16-489	2	sans objet	oui	oui	non	1-2mois	non	non
A16-3051	1	sans objet	non	oui	non	2-3 sem	non	non
A16-12567	0	sans objet	oui	oui	non	1-2 sem	non	non
A16-16031	4	sans objet	oui	oui	oui		non	précoce
A17-13358	2	granulome des tissus mous	oui	oui	non	3-4sem	non	non
A18-1870	2	sans objet	oui	oui	non	1-2 sem	non	non
A18-2068	2	sans objet	non	oui	non	2-3 sem	non	non
A20-3605	1	sans objet	oui	oui	oui	1-2mois	non	non
A19-15612	3	sans objet	oui	oui	non	2-4 mois	oui	
A20-15288	0	sans objet	oui	oui	oui	1-2 sem	oui	non
A20-15458	0	sans objet	oui	oui	non	1-2 sem	oui	non
A21-6	2	sans objet	non	oui	non	2-4 mois		
A21-2728	2	sans objet	oui	oui	non	2-4 mois	oui	non
A20-11092	1	sans objet	oui	oui	non	2-4 mois	oui	non

**Tableau 15: Tableau regroupant les données radiographiques post-opératoires récoltées chez les chiens inclus dans l'étude.**

numéro de dossier	post-op immédiat	cicatrisation de la fracture			complications				clinique	
	qualité de la réduction	mise en place du cal osseu	délais de consolidation	désaxation/ déformation/ atteinte articulaire	ostéomyélite	débricolage	tissus mous	nouvelle fracture	reprise d'appui tardive	séquelles au long terme
A10-3518	montage en place mais perte de substance	< 15 jours	2-3 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	2 sem après chir	sans objet
A10-6414	montage en place et apposition osseuse correcte : micro-mouvements	< 15 jours	3-4 mois	cal vicieux	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	<1 sem après chir	sans objet
A10-6861	montage en place mais micro-mouvements et perte de substance	>3 mois	6 mois- 1an	pseudarthrose	ostéomyélite tardive	sans objet	sans objet	sans objet	2-6 mois après chir	sans objet
A10-4671	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	< 15 jours	1- 2 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	2 sem après chir	sans objet
A11-951	montage en place mais perte de substance	1- 2 mois	4-6 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	sans objet
A11-2242	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	15j- 1 mois	1- 2 mois	sans objet	ostéomyélite précocce	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	sans objet
A11-4412	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	< 15 jours	2-3 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	2-6 mois après chir	sans objet
A12-6904	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	< 15 jours	1- 2 mois	déformation	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	sans objet
A13-15262	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	< 15 jours	1- 2 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	sans objet
A14-1438	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	< 15 jours	15j- 1 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	2 sem - 1 mois après chir	sans objet
A14-5318	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	15j- 1 mois	1- 2 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	sans objet
A15-98	montage en place et apposition osseuse correcte : micro-mouvements	15j- 1 mois	2-3 mois	sans objet	aucune	sans objet	infection des tissus mous	sans objet	1- 2 mois après chir	sans objet
A15-9028	montage en place mais perte de substance	1- 2 mois	4-6 mois	sans objet	ostéomyélite tardive	sans objet	abcès tissus mous	sans objet	>6 mois après chir	sans objet
A15-10672	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	15j- 1 mois	3-4 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	trait de refend sur l'une des broches	2-6 mois après chir	boiterie chronique de grade 1
A15-14871	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	< 15 jours	2-3 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	2 sem - 1 mois après chir	sans objet
A16-489	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	15j- 1 mois	3-4 mois	désaxation	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	sans objet
A16-3051	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	< 15 jours	2-3 mois	sans objet	ostéomyélite précocce	sans objet	sans objet	sans objet	2 sem après chir	sans objet
A16-12567	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	< 15 jours	15j- 1 mois	sans objet	aucune	sans conséquence	sans objet	sans objet	2 sem après chir	sans objet
A16-16031	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	15j- 1 mois	1- 2 mois	sans objet	aucune	sans conséquence	sur le fémur du même membre	sans objet	>6 mois après chir	boiterie chronique de grade 3
A17-13358	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	15j- 1 mois	2-3 mois	sans objet	aucune	sans objet	granulome des tissus mous	sans objet	2-6 mois après chir	sans objet
A18-1870	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	< 15 jours	1- 2 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	sans objet
A18-2068	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	< 15 jours	1- 2 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	sans objet
A20-3605	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	< 15 jours	1- 2 mois	déformation	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	sans objet
A19-15612	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	15j- 1 mois	2-3 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	sans objet
A20-15288	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	1- 2 mois	2-3 mois	sans objet	aucune	justifiant une AMO	sans objet	sans objet	2-6 mois après chir	sans objet
A20-15458	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	< 15 jours	1- 2 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	2 sem après chir	sans objet
A21-6	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	15j- 1 mois	3-4 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	1- 2 mois après chir	boiterie chronique de grade 1
A21-2728	montage en place et apposition osseuse satisfaisante	< 15 jours	1- 2 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	2-6 mois après chir	boiterie chronique de grade 2
A20-11092	montage en place mais perte de substance	< 15 jours	1- 2 mois	sans objet	aucune	sans objet	sans objet	sans objet	2 sem après chir	sans objet



# Annexe 4 : Radiographies des chats

Tableau 16: Plages radiographiques pré opératoires et après cicatrisation osseuse de la fracture tibiale des chats inclus dans l'étude.

## *Fractures Spiroïdes*

Dossier

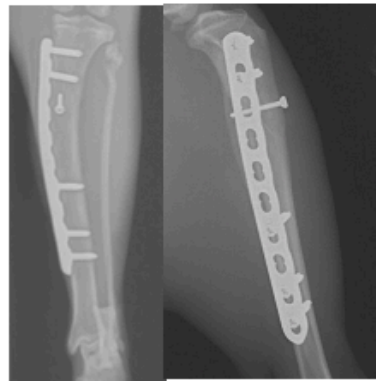
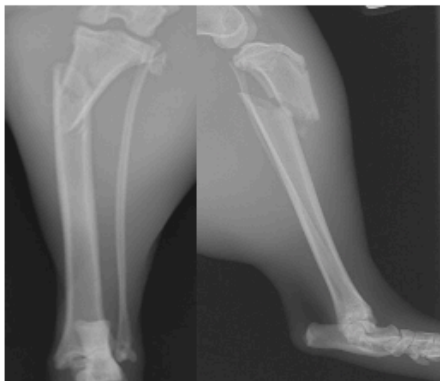
Fracture

Après cicatrisation osseuse

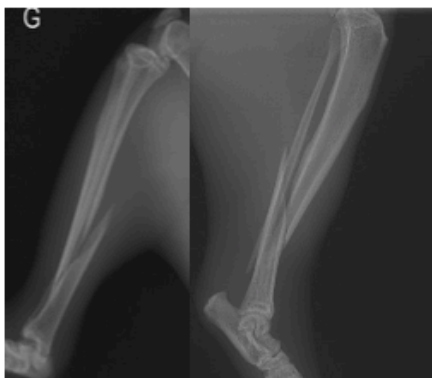
A10-18005



A14-2122



A09-5180



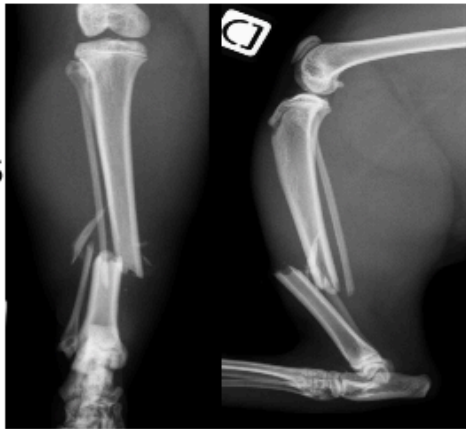
# Fractures transverses

Dossier

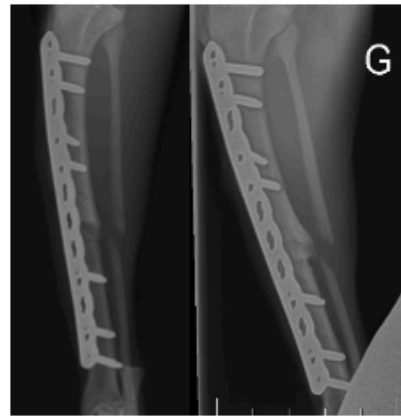
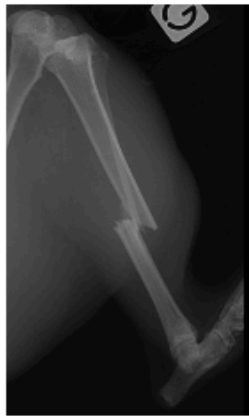
Fracture

Après cicatrisation osseuse

A15-10015



A16-11662



A19-14552



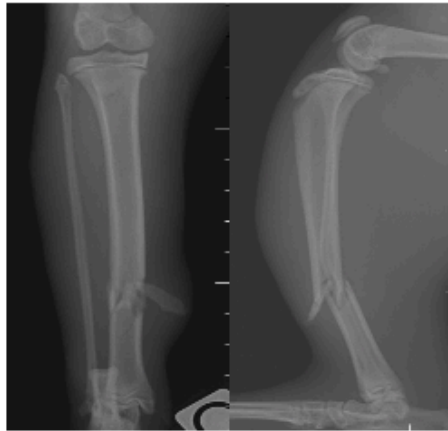


Dossier

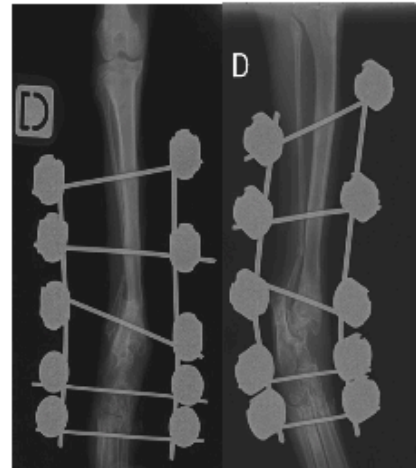
Fracture

Après cicatrisation osseuse

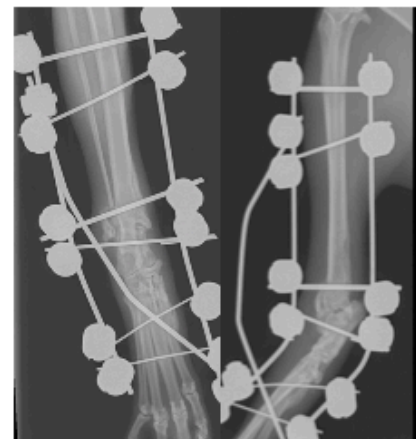
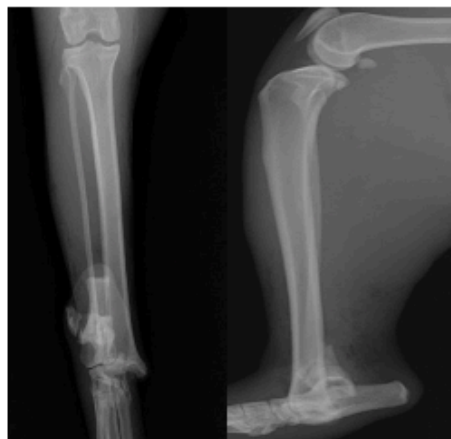
A20-4207



A21-11442



A14-8770



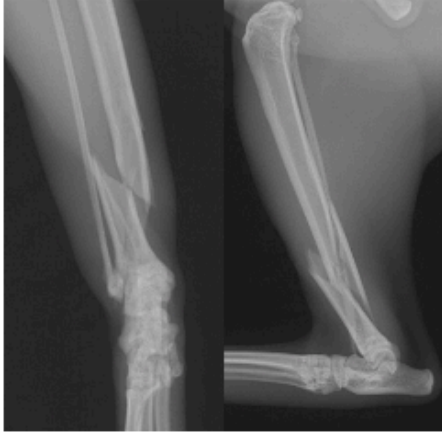
# Fractures obliques

Dossier

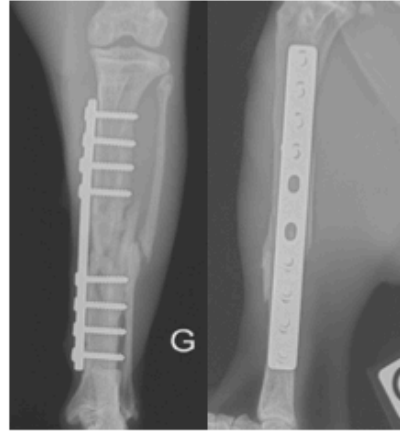
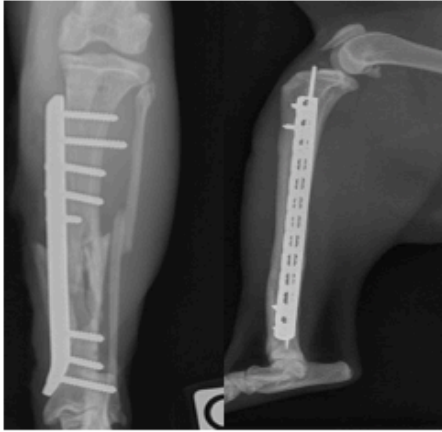
Fracture

Après cicatrisation osseuse

A13-7466



A13-12234



A13-15421

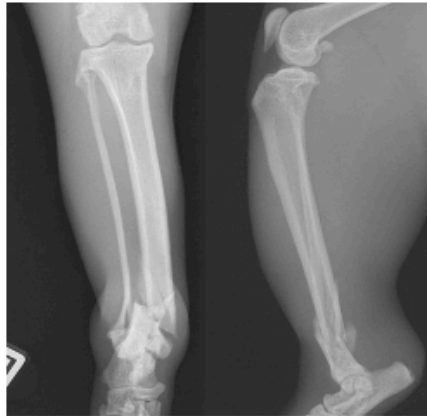


Dossier

Fracture

Après cicatrisation osseuse

A15-5834



A16-3908



A21-2777



A19-13625



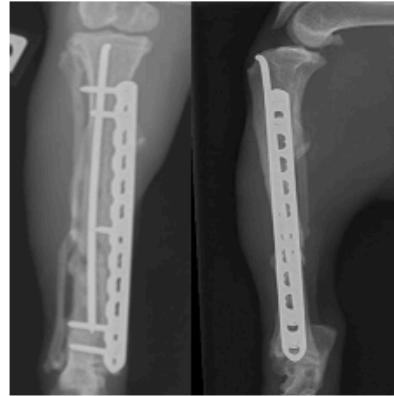
# Fractures multi-esquilleuses

Dossier

Fracture

Après cicatrisation osseuse

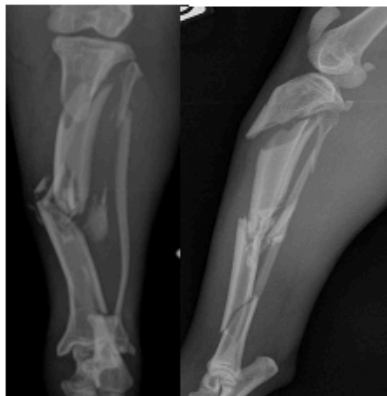
A10-2862



A10-9148



A10-10787



Dossier

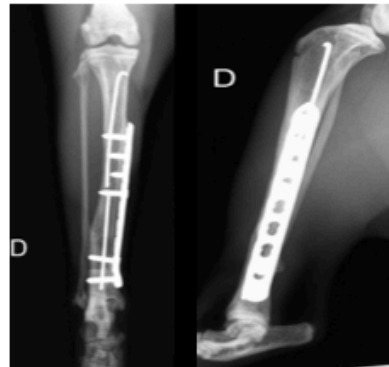
Fracture

Après cicatrisation osseuse

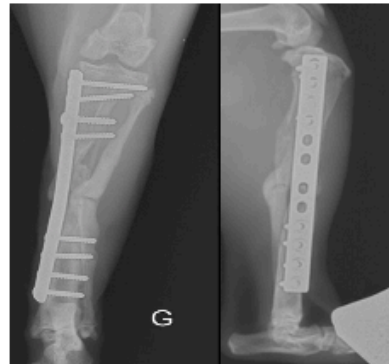
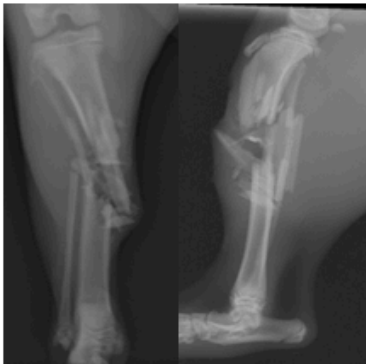
A13-11849



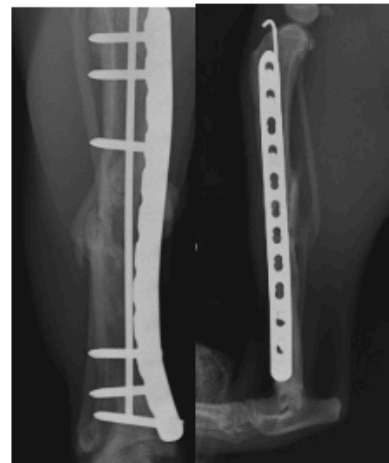
A15-7912



A16-2486



A21-9671



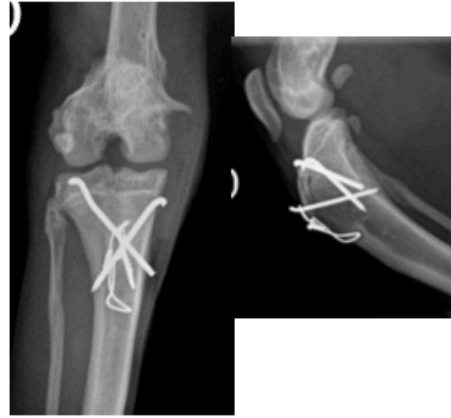
# Fractures Salter Harris

Dossier

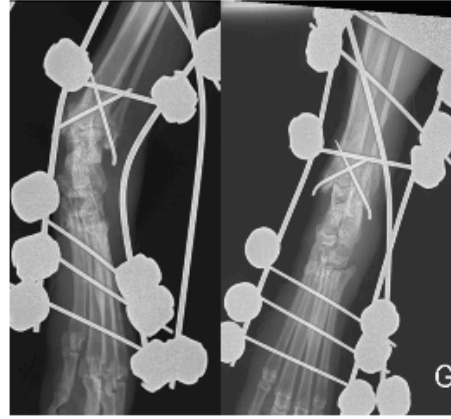
Fracture

Après cicatrisation osseuse

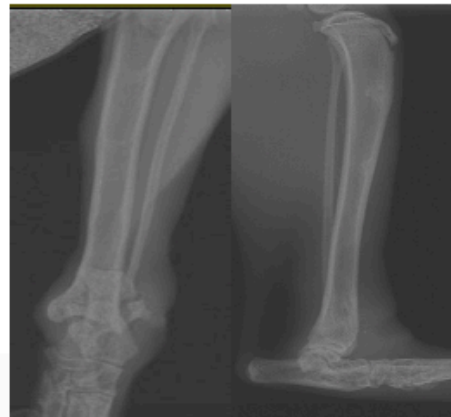
A10-5253



A17-1544



A20-12990





# Annexe 5 : Radiographies des chiens

Tableau 17: Plages radiographiques pré opératoires et après cicatrisation osseuse de la fracture tibiale des chiens inclus dans l'étude.

## Fractures Spiroïdes



Dossier

Fracture

Après cicatrisation osseuse

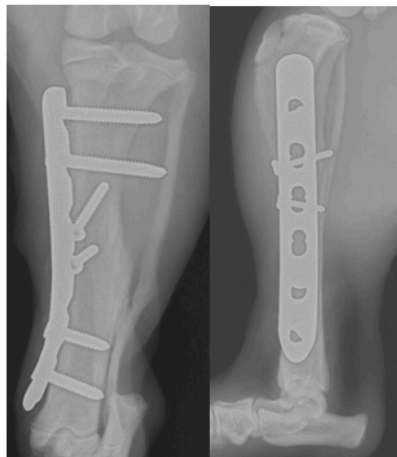
A13-15262



A14-5318



A15-14871





Dossier

Fracture

Après cicatrisation osseuse

A19-15612



A20-11092



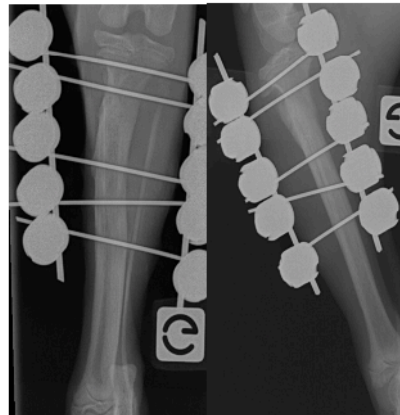
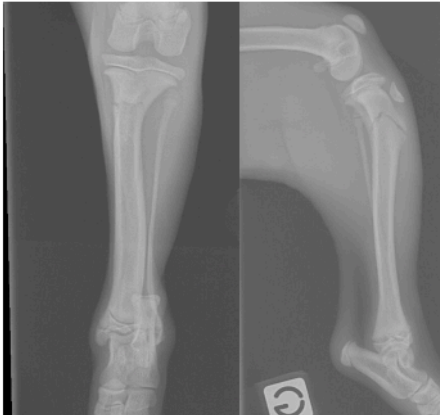
# Fractures transverses

Dossier

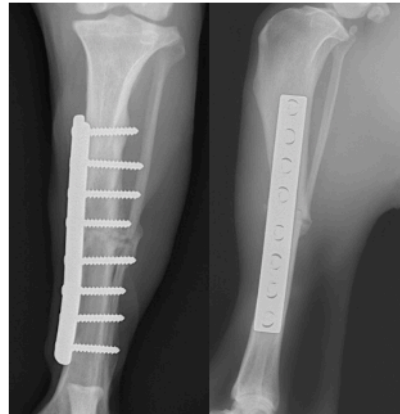
Fracture

Après cicatrisation osseuse

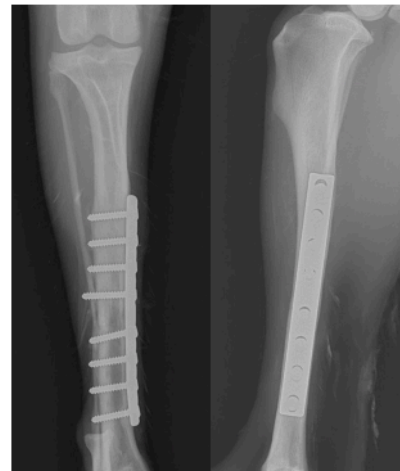
A14-1438



A15-98



A17-13358



# Fractures obliques

Dossier

Fracture

Après cicatrisation osseuse

A10-6414



A21-2728



A11-2242



# Fractures obliques

Dossier

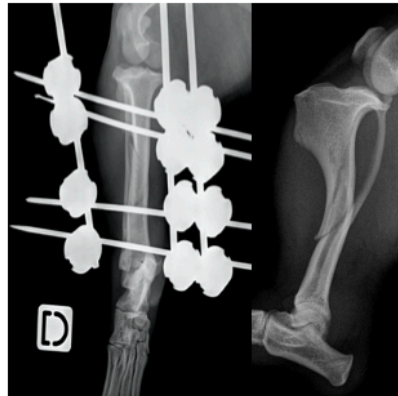
Fracture

Après cicatrisation osseuse

A15-9028



A15-10672



A16-489



# Fractures obliques

Dossier

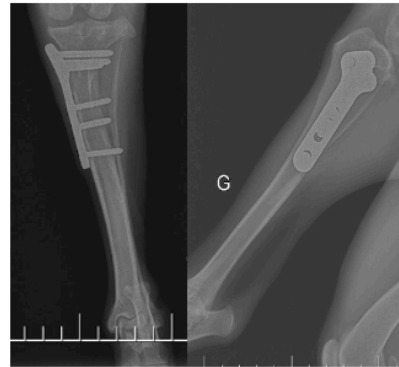
Fracture

Après cicatrisation osseuse

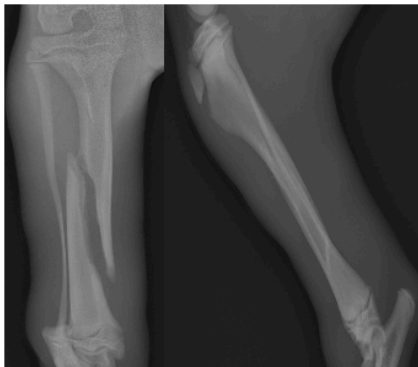
A16-12567



A16-16031



A20-3605



# Fractures multi-esquilleuses

Dossier

Fracture

Après cicatrisation osseuse

A11-951



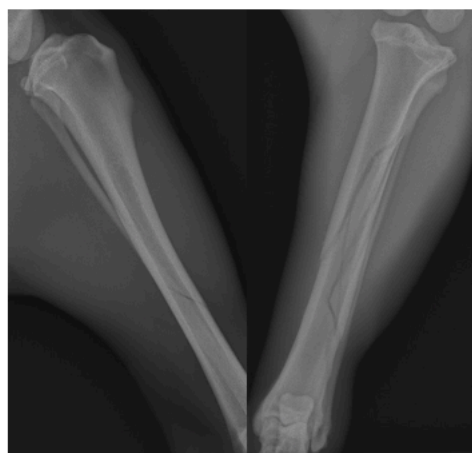
# Fractures complexes multiples

Dossier

Fracture

Après cicatrisation osseuse

A10-3518



A18-1870





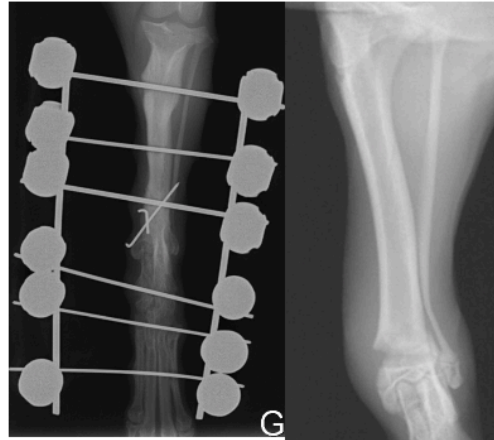
# Fractures Salter Harris

Dossier

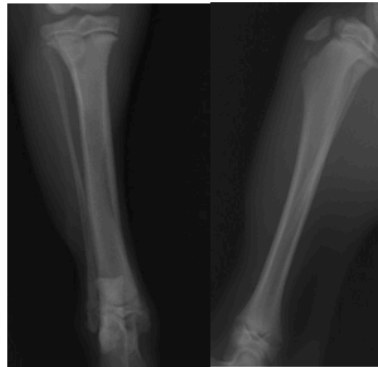
Fracture

Après cicatrisation osseuse

A16-3051



A20-15458



A21-6



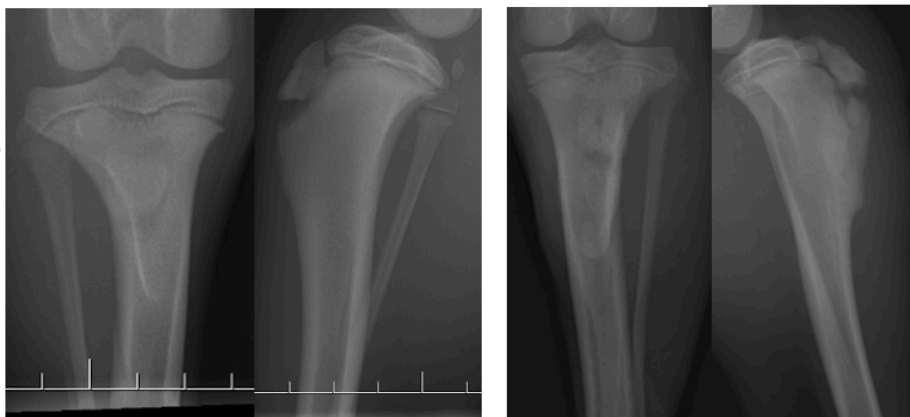
# *Avulsion de la crête tibiale*

Dossier

Fracture

Après cicatrisation osseuse

A20-15288





# Annexe 6 : Résultats des tests statistiques réalisés

Tableau 18: Tableau répertoriant les différents tests statistiques réalisés et détaillant les variables comparées et les valeurs de p.

Variables pour lesquelles la corrélation est recherchée	Test utilisé	Valeur de p chats	Valeur de p chiens	Test de comparaison multiple chats	Test de comparaison multiple chiens	
Fracture ouverte/ fermée	Test exact de Fisher	p = 0,28	<b>p = 0,034</b>			
Localisation de la fracture sur l'os Articulaire Avulsion de la crête tibiale Diaphysaire distale Diaphysaire centrale Diaphysaire proximale	Test exact de Fisher	p > 0,05	p = 0,39	Centrale-proximale : p=0,99 Articulaire-centrale : p=0,25 Distale-proximale : p=0,99 Centrale-distale : p=0,63	p > 0,05	
Morphologie de la fracture Simple Esquilleuse En aile de papillon Salter-Harris	Test exact de Fisher	/	p = 0,031	Simple – esquilleuse : p= 0,084	Simple-esquilleuse : p=0,14 Simple- en aile de papillon :p=0,26 En aile de papillon – esquilleuse : <b>p=0,04</b> Salter- Harris ou non : p= 0,72 Simple ou en aile de papillon – esquilleuse : p=0,12	
Déplacement des abouts fracturaires (léger ou absent /modéré à sévère)	Test exact de Fisher	<b>p = 0,03</b>	p > 0,99			
Comminution fracture (comminutive ou non)	Test exact de Fisher	<b>p = 0,007</b>	p > 0,99			
Délais de reprise d'appui <2sem 2 sem – 1 mois 1 – 2 mois > 2 mois	Âge de l'animal (mois)	Kruskhal-Wallis	p = 0,39	p = 0,047	p > 0,05	< 1 mois – 1-2 mois : p=0,8 < 1 mois - >2 mois : <b>p=0,014</b> 1-2 mois - > 2 mois : <b>p=0,03</b>
Intensité du traumatisme Important ou léger	Délais de reprise d'appui (en sem)	Mann-Whitney	p = 0,81	p = 0,99		
Matériel d'ostéosynthèse plaque verrouillée/ fixateur externe	Mann-Whitney	p = 0,42	p = 0,94			
Type d'analgésie post-opératoire morphiniques ou AINS uniquement	Mann-Whitney	p = 0,3	p = 0,99			
Âge de l'animal	Grade de boiterie à 1 mois post-opératoire	Kruskal-Wallis	p = 0,12	p = 0,36	p > 0,05	Grade 0 ou 1 – grade 3, 4 ou 5 : p=0,06
Intensité du traumatisme Important ou léger	Mann-Whitney	p = 0,54	p = 0,53			
Localisation de la fracture sur l'os Articulaire / Avulsion de la crête tibiale/ Diaphysaire distale / centrale / proximale	Kruskal-Wallis	p = 0,74	p = 0,06	p > 0,05	Diaphysaire distale ou proximale – avulsion crête tibiale : <b>p=0,02</b>	

Morphologie de la fracture Simple/Esquilleuse/en aile de papillon /SH		Kruskal-Wallis	/	p = 0,53	Simple – Esquilleuse : p= 0,25	p > 0,05
Orientation de la fracture Complexe /Transverse /Spiroïde /Oblique		Kruskal-Wallis	p = 0,48	p = 0,06	p > 0,05	Complexe – spiroïde : p=0,08
Déplacement des abouts fracturaires (léger ou absent /modéré à sévère)		Mann-Whitney	p = 0,82	p = 0,73		
Comminution fracture (comminutive ou non)		Mann-Whitney	p = 0,39	p = 0,94		
Matériel d'ostéosynthèse Plaque verrouillée/ fixateur externe		Mann-Whitney	p = 0,13	p = 0,63		
Qualité de la réduction Anatomique/satisfaisante/perte de substance		Kruskal-Wallis	p = 0,97	p = 0,90	p > 0,05	p > 0,05
Expérience du chirurgien Présence ou absence d'un enseignant chercheur au bloc opératoire		Mann-Whitney	p = 0,93	p = 0,96		
Hypotension per-anesthésique Occurrence ou non d'épisodes		Test de Student	p = 0,58	p = 0,87		
Présence de signes de douleur en per-opératoire		Mann-Whitney	p = 0,96	p = 0,91		
Type d'analgésie post-opératoire morphiniques ou AINS uniquement		Mann-Whitney	p =0,3	p = 0,89		
Temps de respect du repos strict en post-opératoire <1mois ou >1mois		Mann-Whitney	p = 0,71	p = 0,45		
Présence ou non du cal osseux		Mann-Whitney	<b>p = 0,05</b>	p = 0,65		
Âge de l'animal		Mann-Whitney	p = 0,40	p = 0,45		
Intensité du traumatisme Important ou léger		Mann-Whitney	p = 0,68	p = 0,45		
Localisation de la fracture sur l'os Articulaire / Avulsion de la crête tibiale/ Diaphysaire distale / centrale / proximale		Kruskal-Wallis	p = 0,32	p = 0,46	p > 0,05	p > 0,05
Morphologie de la fracture Simple/Esquilleuse/en aile de papillon /SH	Grade de boiterie après cicatrisation osseuse complète	Kruskal-Wallis	/	p = 0,77	Simple – Esquilleuse : p= 0,61	p > 0,05
Orientation de la fracture Complexe /Transverse /Spiroïde /Oblique		Kruskal-Wallis	p = 0,5	p = 0,23	p > 0,05	p > 0,05
Comminution fracture (comminutive ou non)		Mann-Whitney	p = 0,77	p = 0,93		
Déplacement des abouts fracturaires (léger ou absent /modéré à sévère)		Mann-Whitney	p = 0,36	p > 0,99		

Expérience du chirurgien Présence ou absence d'un enseignant chercheur au bloc opératoire		Mann-Whitney	p = 0,32	p = 0,21		
Matériel d'ostéosynthèse Plaque verrouillée/ fixateur externe		Mann-Whitney	p > 0,99	p > 0,99		
Qualité de la réduction Anatomique/satisfaisante/perte de substance		Kruskal-Wallis	p = 0,18	p = 0,58	p > 0,05	p > 0,05
Délais de mise en place du cal osseux <15jours / 15 jours – 1 mois / 1 – 2 mois		Kruskal-Wallis	p = 0,11	p = 0,13	p > 0,05	p > 0,05
Type d'analgésie post-opératoire morphiniques ou AINS uniquement		Mann-Whitney	p = 0,59	P = 0,56		
Grade de boiterie après cicatrisation osseuse complète (Boiterie persistante ou non)	Temps de respect du repos strict en post-opératoire (sem)	Test de Student	p = 0,24	<b>p = 0,05</b>		
Délais de mise en place du cal osseux <15jours / 15 jours – 1 mois / 1 – 2 mois	Âge de l'animal (en mois)	Kruskal-Wallis	p = 0,15	<b>p = 0,049</b>	p > 0,05	<15 jours - >1 mois : <b>p = 0,05</b>
Statut reproducteur de l'animal femelle entière /stérilisée, mâle entier /castré		Kruskal-Wallis	p = 0,15	p = 0,74	p > 0,05	p > 0,05
Intensité du traumatisme Important ou léger		Mann-Whitney	p = 0,62	p > 0,99		
Localisation de la fracture sur l'os Articulaire / Avulsion de la crête tibiale/ Diaphysaire distale / centrale / proximale		Kruskal-Wallis	p = 0,33	p = 0,85	p > 0,05	p > 0,05
Morphologie de la fracture Simple/Esquilleuse/en aile de papillon /SH		Mann-Whitney	/	p = 0,52	Simple – Esquilleuse : p = 0,16	p > 0,05
Orientation de la fracture Complexe /Transverse /Spiroïde /Oblique	Délais de mise en place du cal osseux (en sem)	Kruskal-Wallis	p = 0,26	p = 0,98	p > 0,05	p > 0,05
Comminution fracture (comminutive ou non)		Mann-Whitney	p = 0,22	p > 0,99		
Déplacement des bouts fracturaires (léger ou absent /modéré à sévère)		Mann-Whitney	p = 0,34	p = 0,17		
Matériel d'ostéosynthèse Plaque verrouillée/ fixateur externe		Test de student	p = 0,69	p = 0,65		
Qualité de la réduction Anatomique/satisfaisante/perte de substance		Kruskal-Wallis	p = 0,77	p = 0,26	p > 0,05	Anatomique - perte de substance : p = 0,31
Expérience du chirurgien Présence ou absence d'un enseignant chercheur au bloc opératoire		Test de student	<b>p = 0,006</b>	p = 0,51		

Hypotension per-anesthésique Occurrence ou non d'épisodes		Mann-Whitney	p > 0,99	p > 0,99		
Présence de signes de douleur en per-opératoire		Mann-Whitney	p = 0,4	p = 0,29		
Type d'analgésie post-opératoire morphiniques ou AINS uniquement		Mann-Whitney	p = 0,66	p = 0,96		
Délais de mise en place du cal osseux <15jours / 15 jours – 1 mois / 1 – 2 mois	Repos strict (en sem)	Kruskal-Wallis	p = 0,83	p = 0,08	p > 0,05	< 15 jours / > 15 jours : <b>p= 0,02</b>
Délais de cicatrisation osseuse complète <1 mois / 1-2 mois / 2-3 mois / 3-4 mois / 4-6 mois / 6 mois – 1 an	Âge de l'animal (en mois)	Kruskal-Wallis	p = 0,21	<b>p = 0,04</b>	p > 0,05	< 3 mois / > 3 mois : <b>p = 0,0048</b>
Statut reproducteur de l'animal femelle entière /stérilisée, mâle entier /castré		Kruskal-Wallis	p = 0,33	p = 0,23	p > 0,05	Animaux entiers - castrés : p=0,13 Mâles - femelles : p= 0,65
Intensité du traumatisme Important ou léger		Mann-Whitney	p = 0,34	p = 0,76		
Localisation de la fracture sur l'os Articulaire / Avulsion de la crête tibiale/ Diaphysaire distale / centrale / proximale		Kruskal-Wallis	p = 0,72	p = 0,72	p > 0,05	p > 0,05
Morphologie de la fracture Simple/Esquilleuse/en aile de papillon /SH		Kruskal-Wallis	/	p= 0,76	Simple – Esquilleuse : <b>p= 0,05</b>	Simple - esquilleuse : p = 0,57
Orientation de la fracture Complexe /Transverse /Spiroïde /Oblique		Kruskal-Wallis	p = 0,15	p= 0,76	p > 0,05	p > 0,05
Comminution fracture (comminutive ou non)		Mann-Whitney	<b>p = 0,049</b>	p = 0,77		
Déplacement des bouts fracturaires (léger ou absent /modéré à sévère)		Mann-Whitney	p = 0,16	p = 0,09		
Matériel d'ostéosynthèse Plaque verrouillée/ fixateur externe		Mann-Whitney	p = 0,81	p = 0,42		
Qualité de la réduction Anatomique/satisfaisante/perde de substance	Délais de cicatrisation osseuse complète (en mois)	Kruskal-Wallis	p = 0,18	<b>p = 0,03</b>	p > 0,05	Anatomique - Perte de substance : <b>p = 0,05</b>
Expérience du chirurgien Présence ou absence d'un enseignant chercheur au bloc opératoire		Mann-Whitney	p = 0,28	p = 0,69		
Hypotension per-anesthésique Occurrence ou non d'épisodes		Mann-Whitney	p = 0,37	p = 0,74		
Présence de signes de douleur en per-opératoire		Mann-Whitney	p = 0,60	p = 0,06		

Temps de respect du repos strict en post-opératoire <1 mois / >1 mois		Mann-Whitney	p = 0,24	p = 0,35		
Délais de mise en place du cal osseux après la chirurgie <1 mois / >1 mois		Mann-Whitney	p = 0,048	p = 0,20		
Intensité du traumatisme Important ou léger	Complication au niveau des tissus mous (infection ou non)	Test de fisher exact	p > 0,99	p = 0,63		
Âge de l'animal (en mois)		Mann-Whitney	p = 0,087	p = 0,28		
Statut reproducteur de l'animal femelle entière /stérilisée, mâle entier /castré		Kruskal-Wallis	p= 0,34	p = 0,26	Femelles entières – stérilisées : p>0,99 Mâles entiers – castrés : p=0,25 Femelles - mâles : p>0,99 Animaux stérilisés – entiers : p =0,23	Femelles entières – femelles stérilisées : p>0,99 Mâle entier – mâle castré : p>0,99 Femelles-mâles : p=0,10 Animaux stérilisés – Animaux entiers : p>0,99
Localisation de la fracture sur l'os Articulaire / Avulsion de la crête tibiale/ Diaphysaire distale / centrale / proximale		Test chi2	p= 0,10	p = 0,15		
Morphologie de la fracture Simple/Esquilleuse/en aile de papillon /SH		Test chi2	/	p = 0,78	Simple – Esquilleuse : p= 0,37	
Orientation de la fracture Complexe /Transverse /Sproïde /Oblique		Test chi2	p= 0,73	<b>p = 0,05</b>		Oblique/transverse - sproïde/complexe : <b>p=0,01</b> Sproïde-transverse : <b>p= 0,01</b>
Comminution fracture (comminutive ou non)		Test exact de Fisher	p= 0,61	p = 0,049		
Déplacement des abouts fracturaires (léger ou absent /modéré à sévère)		Test exact de Fisher	p= 0,35	p > 0,99		
Matériel d'ostéosynthèse Plaque verrouillée/ fixateur externe		Test exact de Fisher	p> 0,99	p> 0,99		
Qualité de la réduction Anatomique/satisfaisante/perte de substance		Test chi2	p = 0,11	p = 0,42		
Expérience du chirurgien Présence ou absence d'un enseignant chercheur au bloc opératoire		Test exact de Fisher	p> 0,99	p = 0,65		
Hypotension per-anesthésique Occurrence ou non d'épisodes		Test exact de Fisher	p = 0,53	p = 0,12		
Présence de signes de douleur en per-opératoire		Test exact de Fisher	p> 0,99	p = 0,28		
Temps de respect du repos strict en post-opératoire (en sem)		Mann-Whitney	p = 0,93	p = 0,59		
Type d'analgésie post-opératoire morphiniques ou AINS uniquement		Test exact de Fisher	p> 0,99	p = 0,28		
Intensité du traumatisme Important ou léger	Test exact de Fisher	p > 0,99	p > 0,99			

Âge de l'animal (en mois)	Complication au niveau du matériel d'ostéosynthèse (débricolage du montage ou non)	Mann-Whitney	p = 0,16	p = 0,57			
Statut reproducteur de l'animal femelle entière /stérilisée, mâle entier /castré		Test chi2	p = 0,97	p = 0,89			Animaux entiers - animaux stérilisés : p >0,99 Femelles - Mâles : p >0,99
Localisation de la fracture sur l'os Articulaire / Avulsion de la crête tibiale/ Diaphysaire distale / centrale / proximale		Test exact de Fisher	p = 0,83	<b>p = 0,04</b>			Diaphysaire distale/proximale - centrale : p >0,99 Diaphysaire / avulsion crête tibiale : <b>p = 0,001</b>
Morphologie de la fracture Simple/Esquilleuse/en aile de papillon /SH		Test exact de Fisher	/	p = 0,43	Simple – Esquilleuse : p = 0,61		
Orientation de la fracture Complexe /Transverse /Spiroïde /Oblique		Test chi2	/	p = 0,64	Oblique – transverse : <b>p = 0,05</b>		Oblique – transverse : p >0,99
Comminution fracture (comminutive ou non)		Test exact de Fisher	p = 0,61	p = 0,49			
Déplacement des abuts fracturaires (léger ou absent /modéré à sévère)		Test exact de Fisher	p > 0,99	p > 0,99			
Matériel d'ostéosynthèse Plaque verrouillée/ fixateur externe		Test exact de Fisher	p > 0,99	p > 0,99			
Qualité de la réduction Anatomique/satisfaisante/perte de substance		Test exact de Fisher	p = 0,31	p = 0,71			
Expérience du chirurgien Présence ou absence d'un enseignant chercheur au bloc opératoire		Test exact de Fisher	p > 0,99	p = 0,48			
Hypotension per-anesthésique Occurrence ou non d'épisodes		Test exact de Fisher	<b>p = 0,007</b>	p >0,99			
Présence de signes de douleur en per-opératoire		Test exact de Fisher	p = 0,59	p = 0,48			
Temps de respect du repos strict en post-opératoire (en sem)		Mann-Whitney	p = 0,24	p = 0,051			
Type d'analgésie post-opératoire morphiniques ou AINS uniquement		Test exact de Fisher	p > 0,99	p > 0,99			
Intensité du traumatisme Important ou léger	Complications au niveau du fût osseux	Test chi2	p = 0,57	p = 0,38			
Âge de l'animal (en mois)		Kruskal-Wallis	p = 0,67	p = 0,27	p > 0,05	p > 0,05	
Statut reproducteur de l'animal femelle entière /stérilisée, mâle entier /castré		Test chi2	p = 0,60	p = 0,10	Femelles - mâles : p = 0,23 Animaux stérilisés – entiers : p = 0,58	Femelles- mâles : p = 0,69 Animaux stérilisés – Animaux entiers : p = 0,12	
Localisation de la fracture sur l'os Articulaire / Avulsion de la crête tibiale/ Diaphysaire distale / centrale / proximale		Nouvelle fracture ou trait de refend	Test exact de Fisher	/	p = 0,13	Diaphysaire distale/proximale - centrale : p =0,05	Diaphysaire distale/proximale - centrale : p =0,59 Diaphysaire - avulsion de la crête tibiale : p=0,49
Morphologie de la fracture Simple/Esquilleuse/en aile de papillon /SH	Sans objet	Test chi2	/	p = 0,29	Simple – Esquilleuse : p = 0,19		

Orientation de la fracture Complexe /Transverse /Spiroïde /Oblique		Test chi2	p = 0,63	p = 0,23		
Comminution fracture (comminutive ou non)		Test exact de Fisher	p = 0,35	p = 0,33		
Déplacement des abouts fracturaires (léger ou absent /modéré à sévère)		Test chi2	p = 0,44	<b>p = 0,04</b>		Désaxation ou déformation / sans objet : <b>p = 0,05</b> Pseudarthrose ou mal union / sans objet : p= 0,44 Nouvelle fracture / sans objet : p =0,51
Matériel d'ostéosynthèse Plaque verrouillée/ fixateur externe		Test chi2	p = 0,48	p = 0,06		Désaxation ou déformation / sans objet : p >0,99 Pseudarthrose ou mal union / sans objet : p= 0,16 Nouvelle fracture / sans objet : p =0,29
Qualité de la réduction Anatomique/satisfaisante/perte de substance		Test chi2	p = 0,23	p = 0,22		
Expérience du chirurgien Présence ou absence d'un enseignant chercheur au bloc opératoire		Test chi2	p = 0,22	p = 0,81		
Hypotension per-anesthésique Occurrence ou non d'épisodes		Test exact de Fisher	p = 0,049	p = 0,39	Pseudarthrose – sans objet : <b>p = 0,034</b>	
Présence de signes de douleur en per-opératoire		Test chi2	p = 0,28	p = 0,54		
Temps de respect du repos strict en post-opératoire (en sem)		Kruskal-Wallis	p = 0,81	p = 0,36	p > 0,05	p > 0,05
Type d'analgésie post-opératoire morphiniques ou AINS uniquement		Test chi2	p = 0,6	p = 0,41		
Intensité du traumatisme Important ou léger		Complications d'infection osseuse Ostéomyélite ou non	Test exact de Fisher	p > 0,99	p = 0,59	
Âge de l'animal (en mois)	Mann-Whitney		p = 0,21	p = 0,025		
Statut reproducteur de l'animal femelle entière /stérilisée, mâle entier /castré	Test chi2		p = 0,59	p = 0,48		
Localisation de la fracture sur l'os Articulaire / Avulsion de la crête tibiale/ Diaphysaire distale / centrale / proximale	Test exact de Fisher		<b>p = 0,02</b>	<b>p = 0,001</b>	Comparaison deux à deux : p > 0,05	Diaphysaire distale - autres localisations : <b>p=0,0027</b>
Morphologie de la fracture Simple/Esquilleuse/en aile de papillon /SH	Test exact de Fisher		/	p = 0,74	Simple – Esquilleuse : p= 0,27	
Orientation de la fracture Complexe /Transverse /Spiroïde /Oblique	Test exact de Fisher		p = 0,38	p = 0,30		
Comminution fracture (comminutive ou non)	Test exact de Fisher		p = 0,27	p = 0,62		
Déplacement des abouts fracturaires (léger ou absent /modéré à sévère)	Test exact de Fisher		p = 0,61	p > 0,99		
Matériel d'ostéosynthèse Plaque verrouillée/ fixateur externe	Test chi2		p > 0,99	<b>p = 0,05</b>		



Qualité de la réduction Anatomique/satisfaisante/perte de substance		Test exact de Fisher	p = 0,82	p = 0,68		
Expérience du chirurgien Présence ou absence d'un enseignant chercheur au bloc opératoire		Test exact de Fisher	p > 0,99	p = 0,59		
Hypotension per-anesthésique Occurrence ou non d'épisodes		Test exact de Fisher	p = 0,54	p > 0,99		
Présence de signes de douleur en per-opératoire		Test exact de Fisher	p > 0,99	p = 0,54		
Temps de respect du repos strict en post-opératoire (en sem)		Mann-Whitney	p = 0,92	p = 0,62		
Type d'analgésie post-opératoire morphiniques ou AINS uniquement		Test exact de Fisher	p > 0,99	p > 0,99		
Délais de mise en place du cal osseux (en sem)	Caractère ouvert ou fermé de la fracture	Mann-Whitney	p = 0,67	p = 0,21		
Délais de reprise d'appui (en sem)		Mann-Whitney	p = 0,81	p = 0,65		
Délais de cicatrisation osseuse complète (en mois)		Mann-Whitney	p = 0,31	<b>p = 0,003</b>		
Grade de boiterie après cicatrisation osseuse complète Boiterie chronique ou non		Test exact de Fisher	p = 0,23	p > 0,99		
Complications d'infection osseuse Ostéomyélite ou non		Test exact de Fisher	p > 0,99	p = 0,38		
Complication au niveau du matériel d'ostéosynthèse (débricolage du montage ou non)		Test exact de Fisher	/	p > 0,99		
Complication au niveau des tissus mous (infection ou non)		Test exact de Fisher	p = 0,10	p > 0,99		
Déformation ou désaxation du fût osseux		Test exact de Fisher	p = 0,18	p = 0,35		
Nouvelle fracture ou trait de refend		Test exact de Fisher	/	p > 0,99		
Pseudarthrose ou mal union		Test exact de Fisher	<b>p = 0,03</b>	<b>p = 0,05</b>		



# Annexe 7 : Tests statistiques significatifs

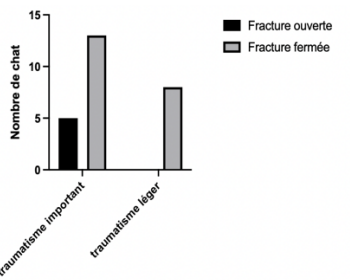
Tableau 19: Tableau répertoriant les différents tests statistiques significatifs ( $p < 0,05$ ).

Test réalisé	Variables pour lesquelles la corrélation est recherchée		Espèce concernée	Valeur de p
Test exact de Fisher	Intensité du traumatisme à l'origine de la fracture (Important / léger)	Caractère ouvert ou fermé de la fracture	Chien	p = 0,034
Test exact de Fisher		Morphologie de la fracture	Chien	p = 0,04
Test exact de Fisher		Déplacement des bouts fracturaires (Léger ou absent vs modéré à sévère)	Chat	p = 0,03
Test exact de Fisher		Comminution de la fracture	Chat	p = 0,007
Mann-Whitney	Âge de l'animal (en mois)	Délais de reprise d'appui (<1 mois vs > 2 mois)	Chiens	p = 0,014
Mann-Whitney		Délais de reprise d'appui (1- 2 mois vs > 2 mois)	Chiens	p = 0,03
Mann-Whitney		Délais de mise en place du cal osseux (<15 jours vs > 1 mois)	Chiens	p = 0,049
Mann-Whitney		Délais de cicatrisation osseuse complète (<3mois vs > 3 mois)	Chiens	p = 0,0048
Mann-Whitney	Localisation de la fracture sur l'os (Diaphysaire distale ou proximale – avulsion crête tibiale)	Grade de la boiterie à 1 mois post-op	Chiens	p = 0,02
Test exact de Fisher	Localisation de la fracture sur l'os (diaphysaire vs avulsion de la crête tibiale)	Débricolage du montage d'ostéosynthèse	Chiens	p = 0,001
Test exact de Fisher	Localisation de la fracture sur l'os (articulaire vs diaphysaire centrale vs distale vs proximale)	Ostéomyélite	Chats	p = 0,02
Test exact de Fisher	Localisation de la fracture sur l'os (diaphysaire distale vs autre)	Ostéomyélite	Chiens	p = 0,0027
Mann-Whitney	Morphologie de la fracture (simple vs esquilleuse)	Délais de cicatrisation complète de la fracture (en mois)	Chats	p = 0,05
Test de Chi2	Orientation de la fracture (oblique/transverse vs spiroïde/complexe)	Infection des tissus mous	Chiens	p = 0,01
Test de Chi2	Orientation de la fracture (oblique vs transverse)	Débricolage du montage d'ostéosynthèse	Chats	p = 0,05
Test de Chi2	Déplacement relatif des bouts fracturaires	Complication au niveau du fût osseux (désaxation ou déformation vs pas de complication)	Chiens	p = 0,007
Test de Student	Expérience du chirurgien (présence ou non d'un enseignant chercheur dans le bloc opératoire)	Délais de mise en place du cal osseux (en sem)	Chats	p = 0,006
Mann-Whitney	Qualité de la réduction (anatomique vs perte de substance)	Délais de cicatrisation complète de la fracture (en mois)	Chiens	p = 0,05
Test exact de Fisher	Hypotension per-anesthésique	Débricolage du montage d'ostéosynthèse	Chats	p = 0,007

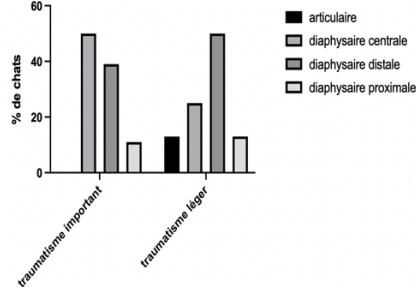
Test exact de Fisher		Complication au niveau du fût osseux (pseudarthrose vs pas de complication)	Chats	p= 0,034
Mann-Whitney	Temps de respect du repos strict en post-opératoire (sem)	Délais de mise en place du cal osseux (<15 jours vs >15 jours)	Chiens	p=0,05
Test de Student		Grade de boiterie après cicatrisation osseuse complète (Boiterie persistante ou non)	Chiens	p=0,05
Mann-Whitney	Présence ou non du cal osseux	Grade de boiterie à 1 mois post-opératoire	Chats	p=0,05
Mann-Whitney	Caractère ouvert ou fermé de la fracture	Délais de cicatrisation complète de la fracture (en mois)	Chiens	p = 0,003
Test exact de Fisher		Pseudarthrose ou mal union	Chiens	p = 0,05
Test exact de Fisher				Chats

# Annexe 8 : Graphiques des tests statistiques chez les chats

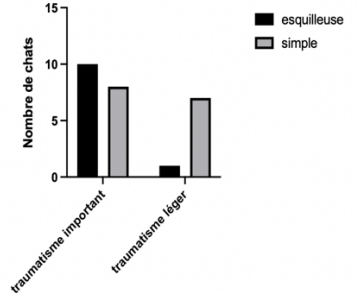
Tableau 20: Tableau regroupant les représentations graphiques des tests statistiques n'ayant pas donné de résultats significatifs ( $p > 0,05$ ) chez les chats inclus dans l'étude.



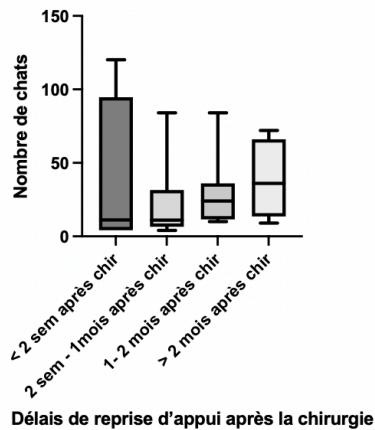
Influence de l'intensité du traumatisme sur le caractère ouvert ou fermé de la fracture



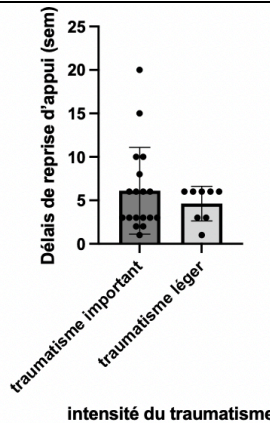
Influence de l'intensité du traumatisme sur la localisation de la fracture



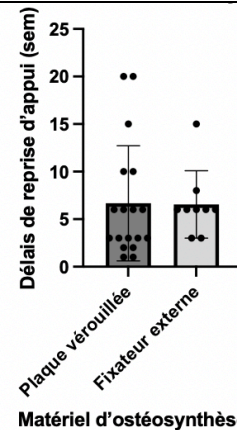
Influence de l'intensité du traumatisme sur la morphologie de la fracture



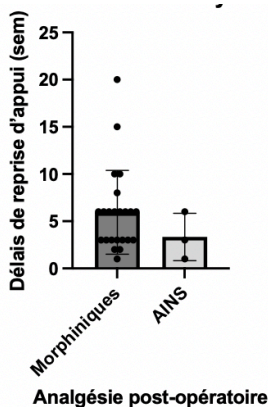
Délais de reprise d'appui après la chirurgie



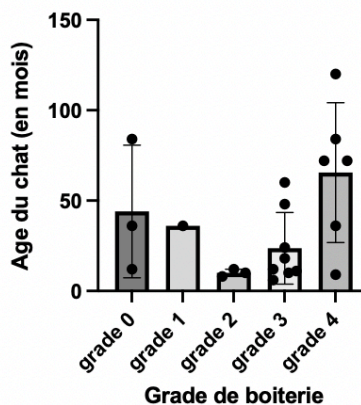
intensité du traumatisme



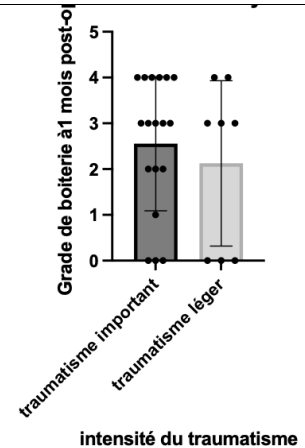
Matériel d'ostéosynthèse utilisé



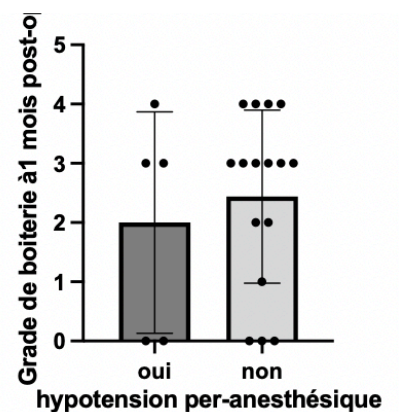
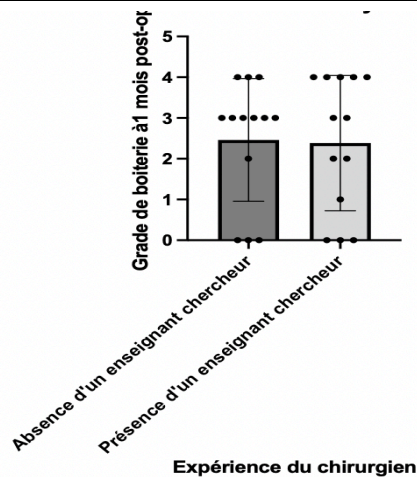
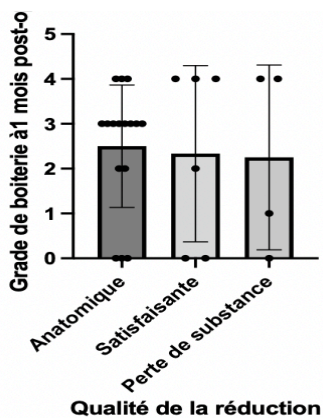
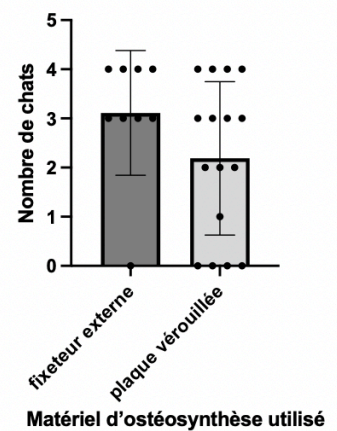
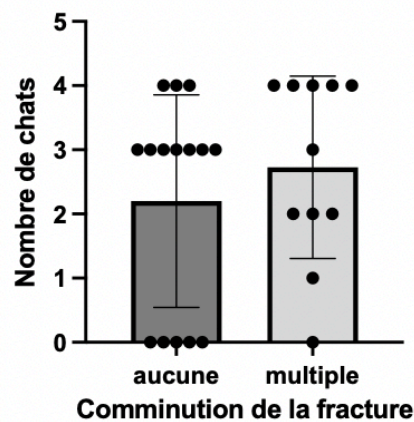
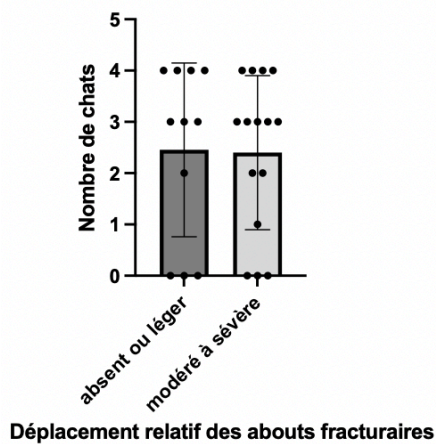
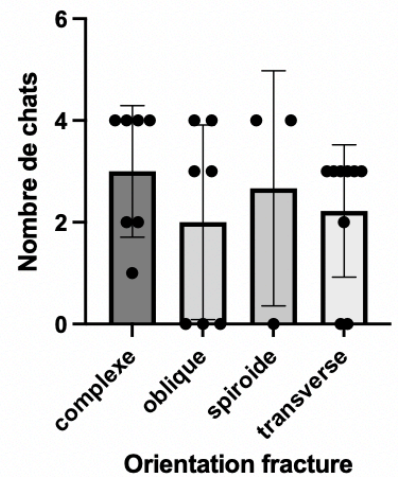
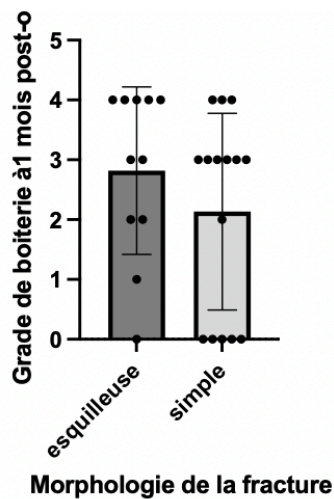
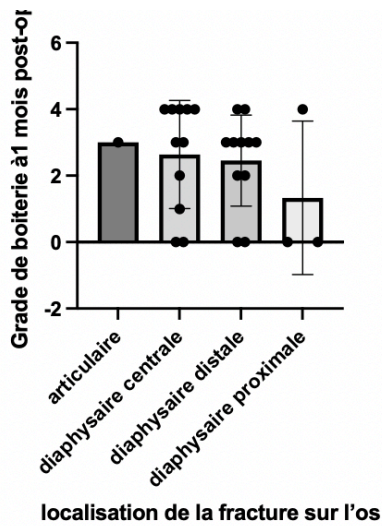
Analgésie post-opératoire



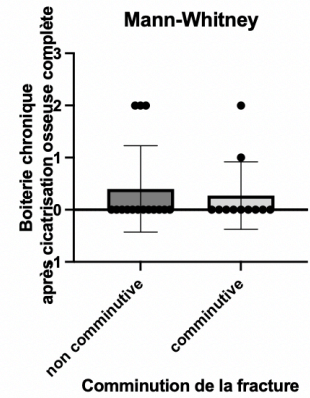
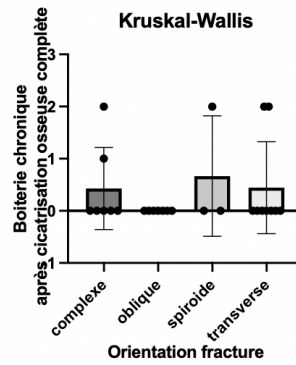
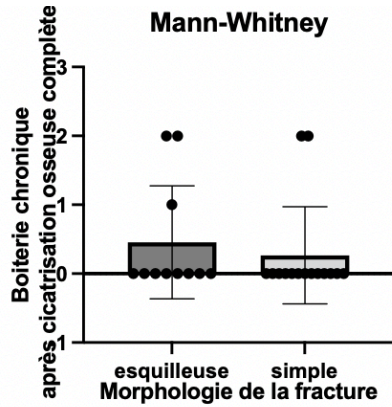
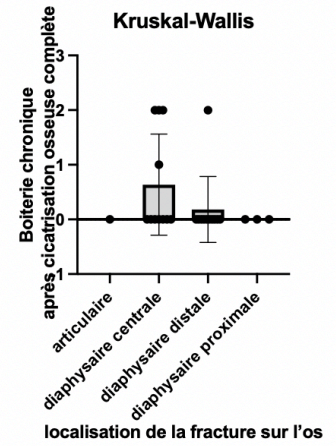
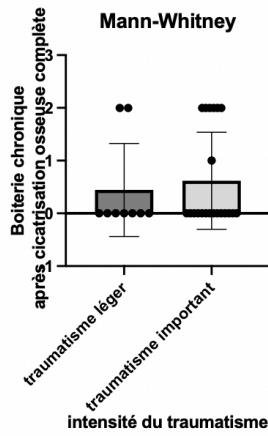
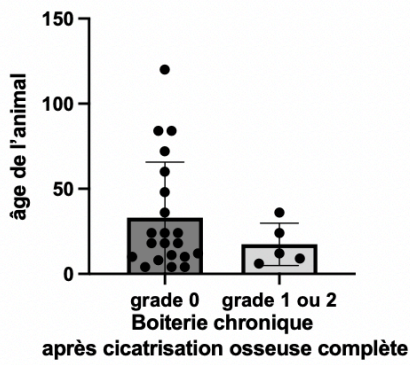
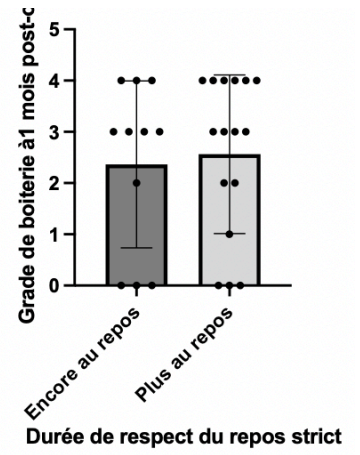
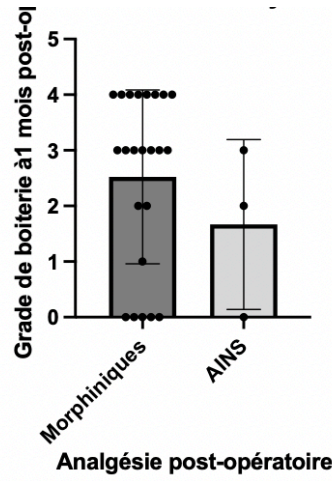
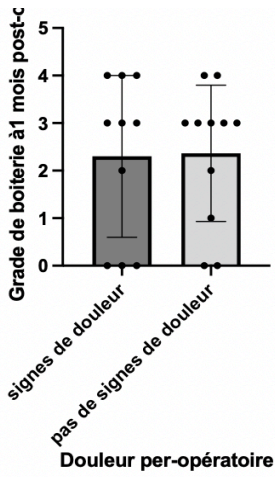
Grade de boiterie

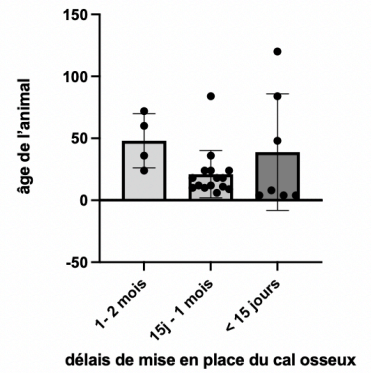
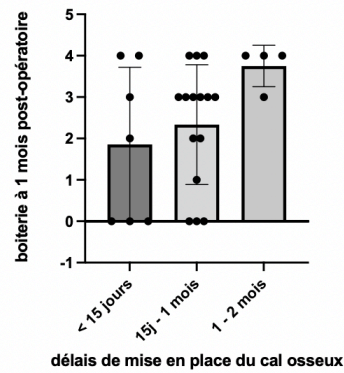
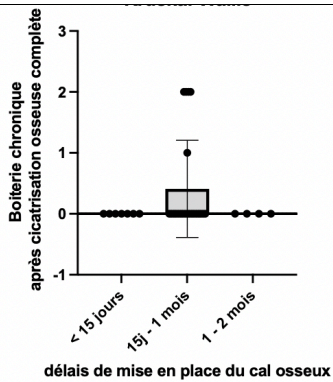
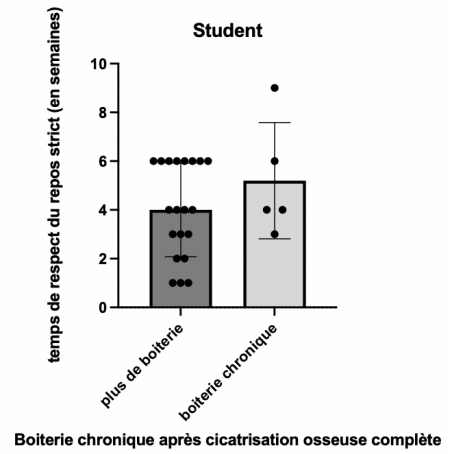
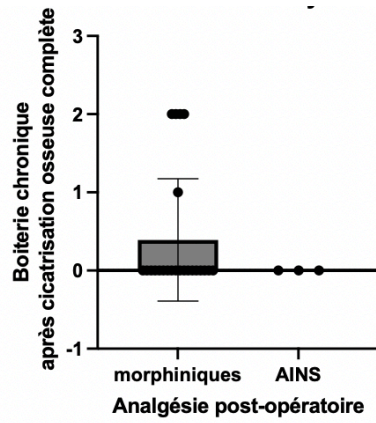
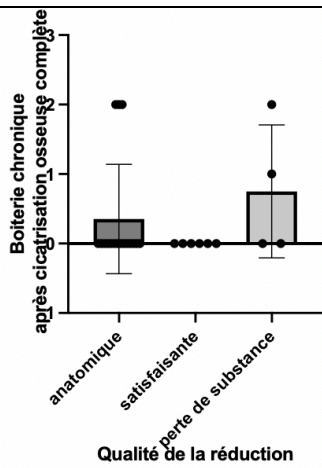
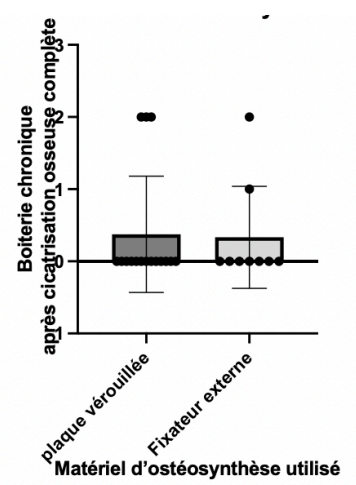
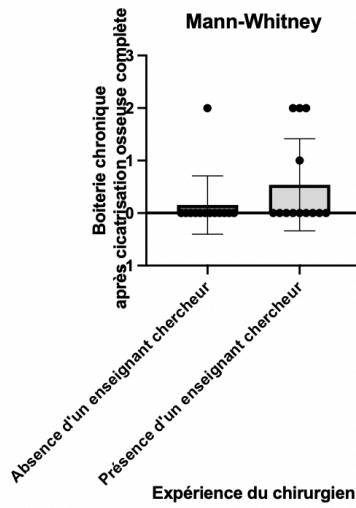
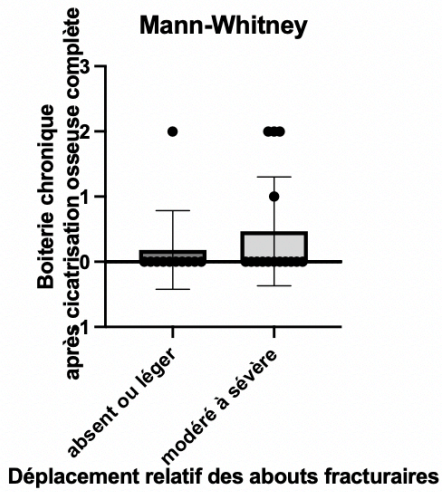


intensité du traumatisme

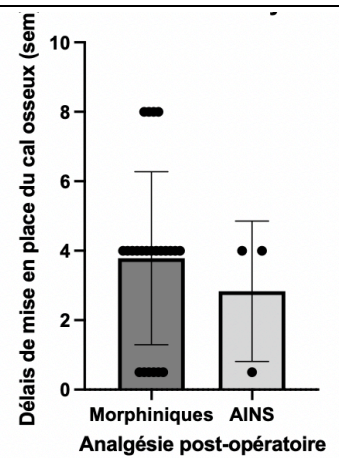
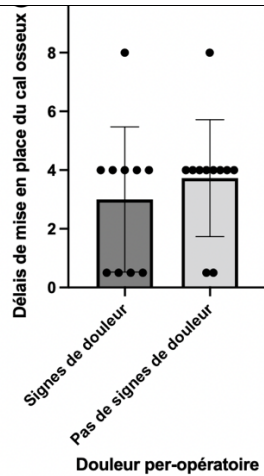
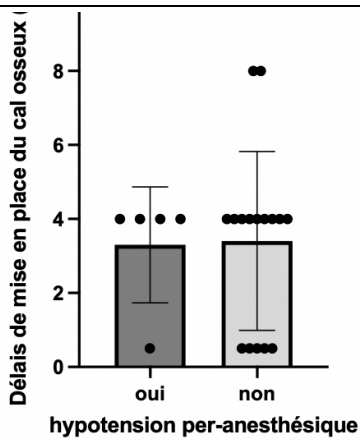
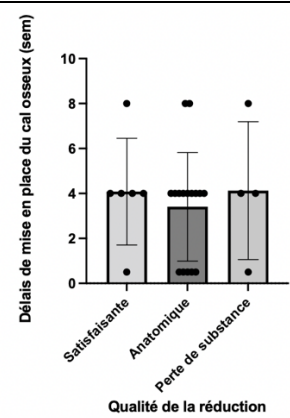
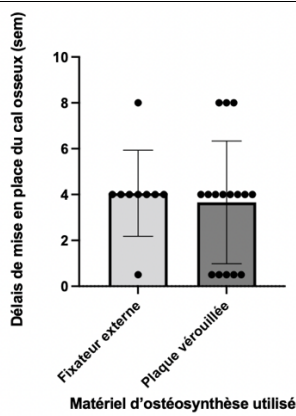
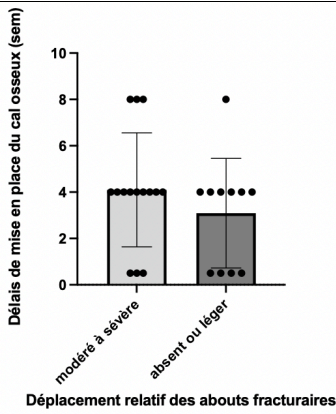
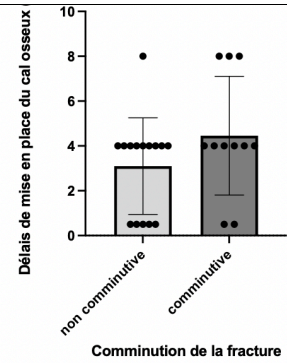
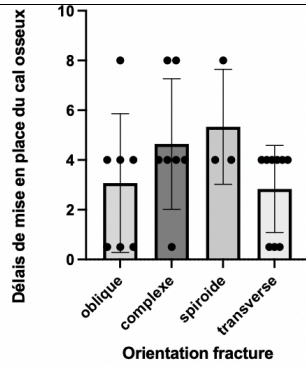
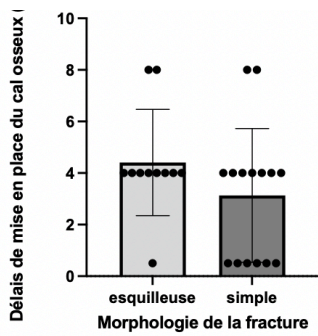
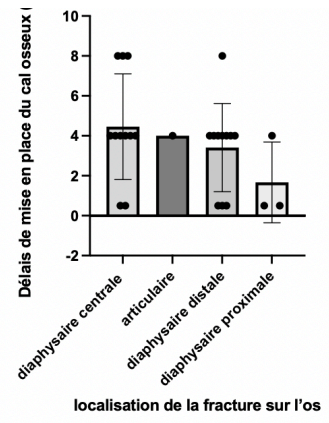
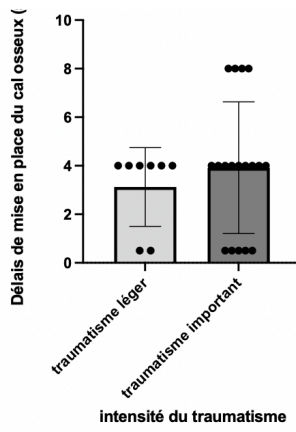
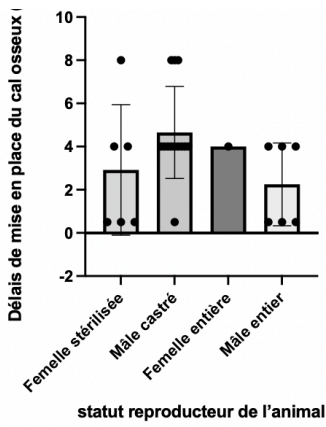


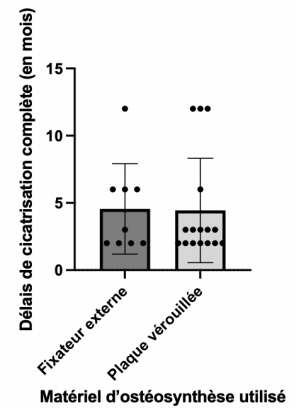
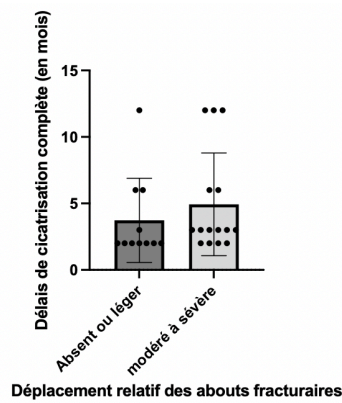
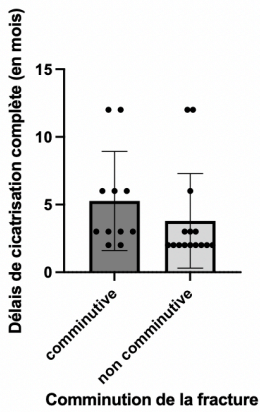
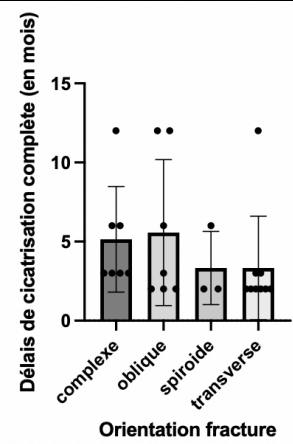
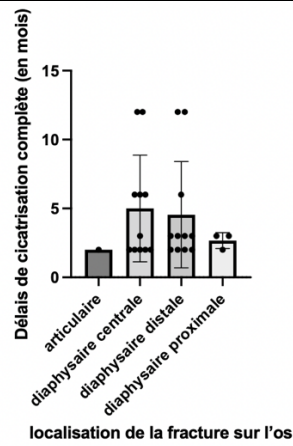
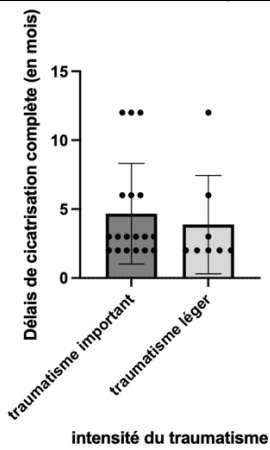
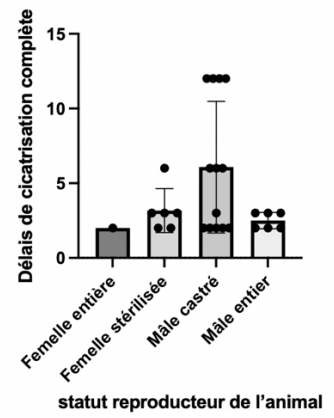
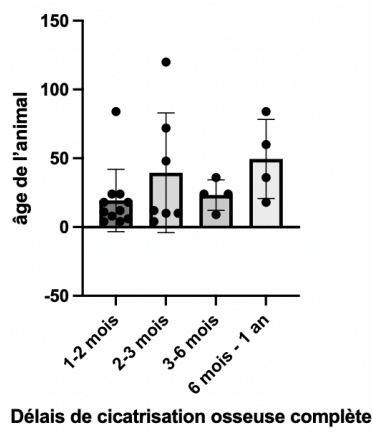
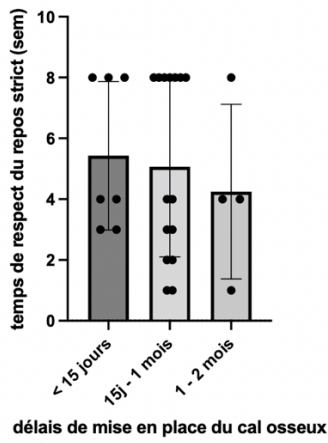




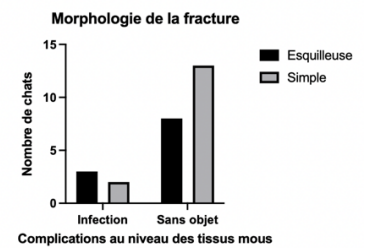
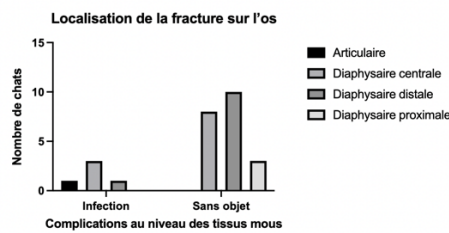
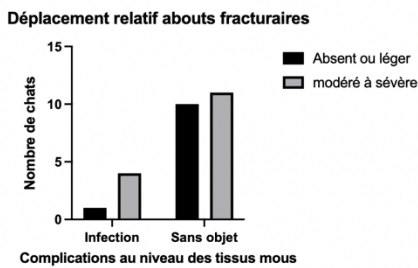
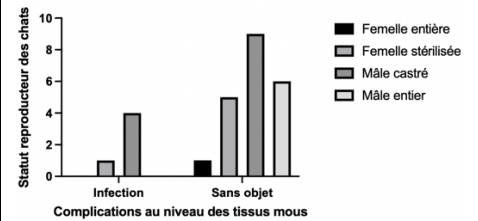
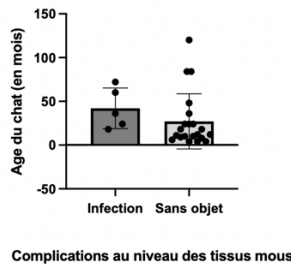
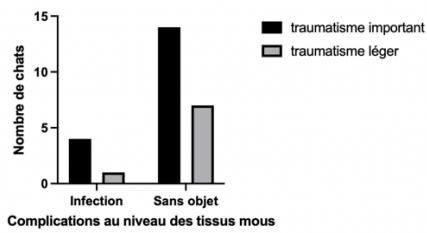
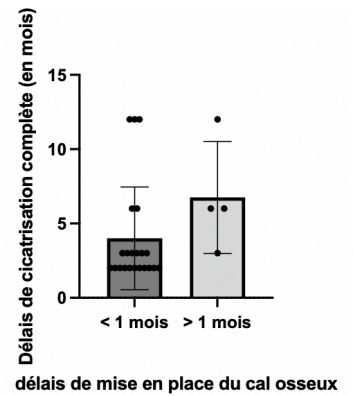
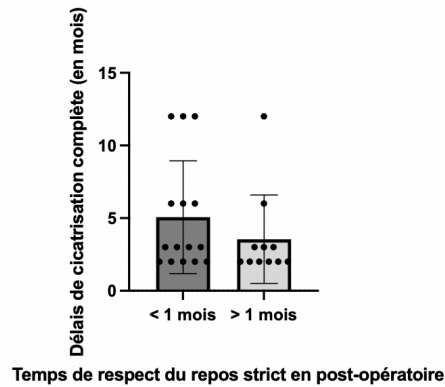
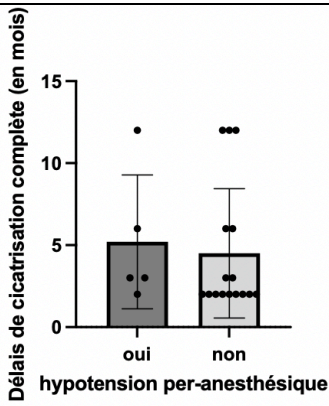
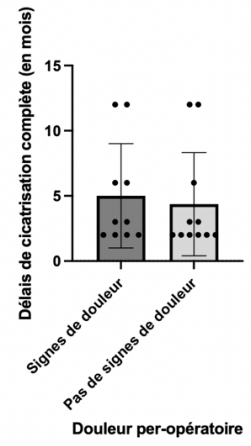
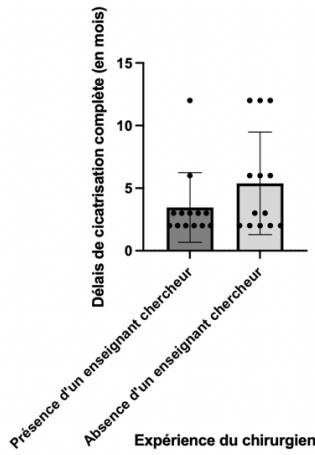
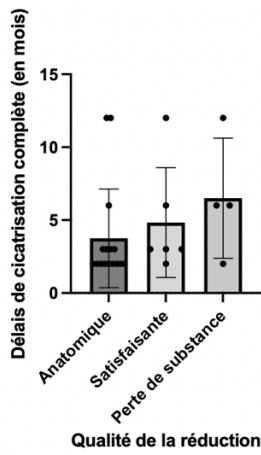


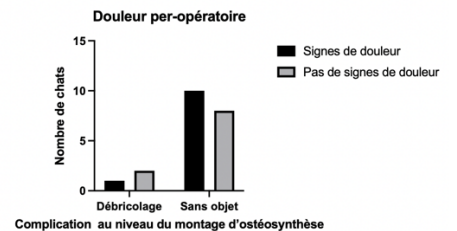
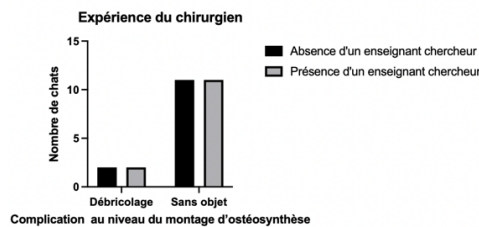
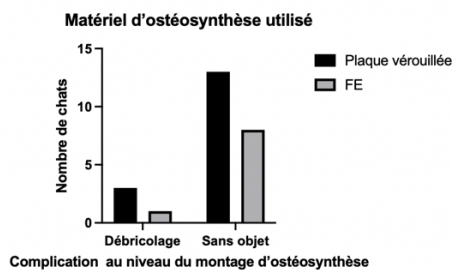
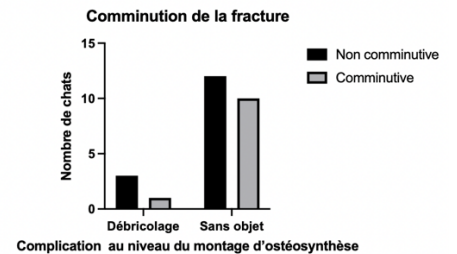
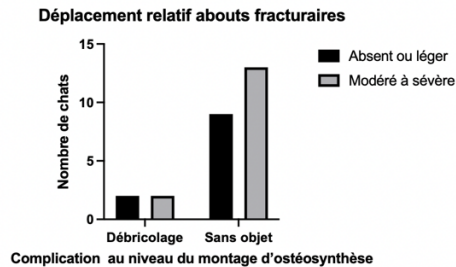
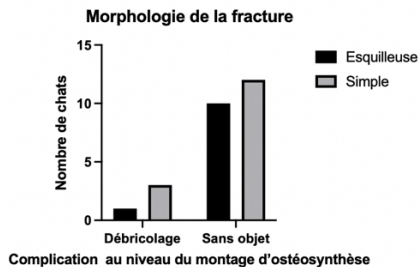
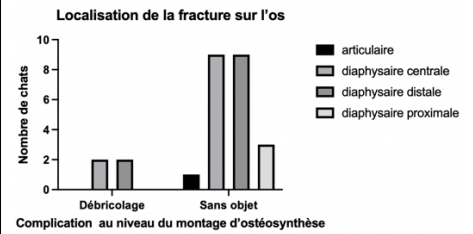
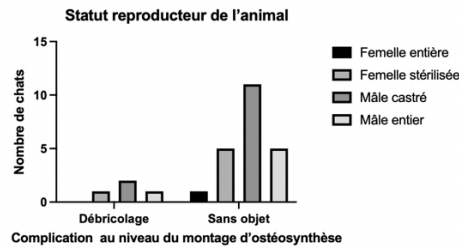
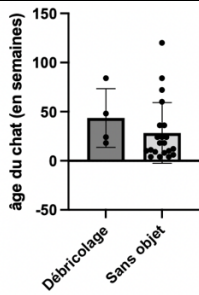
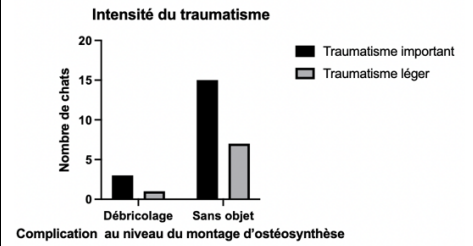
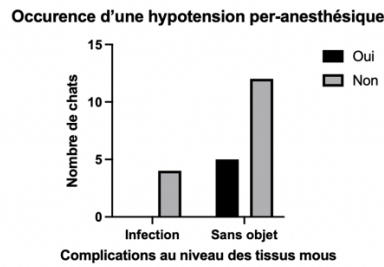
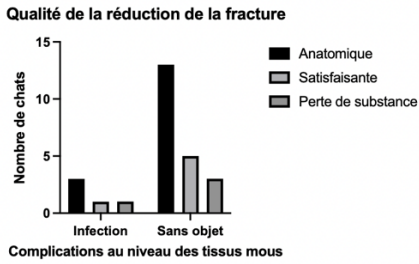
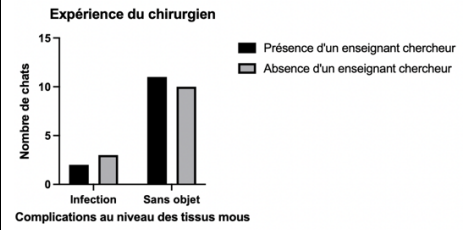
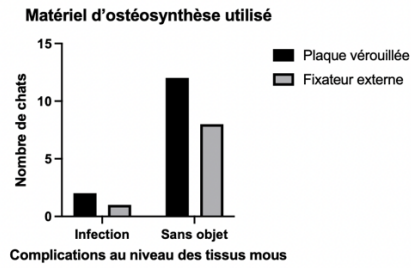
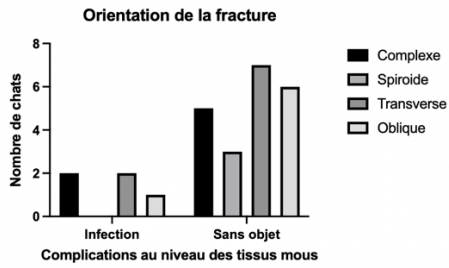




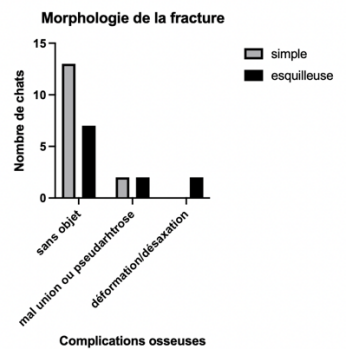
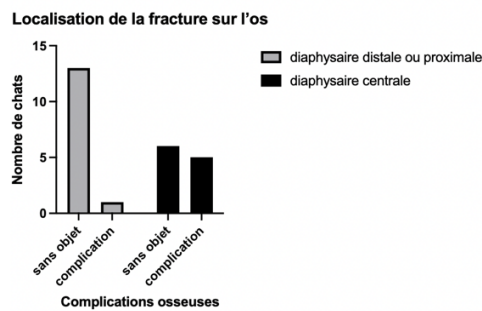
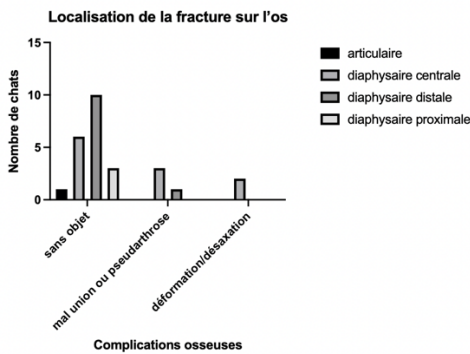
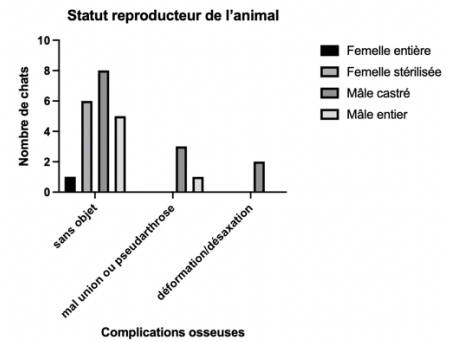
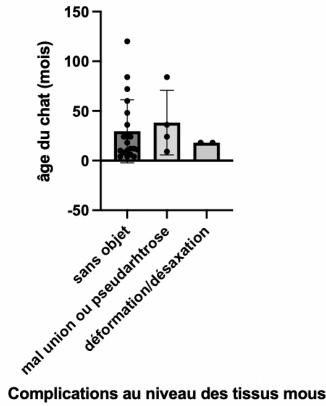
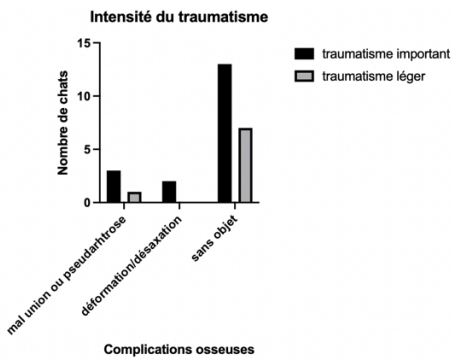
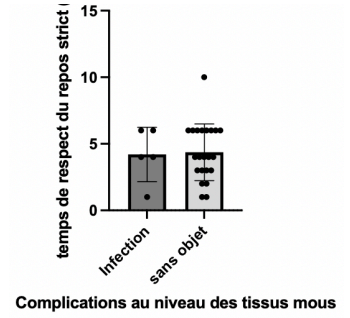
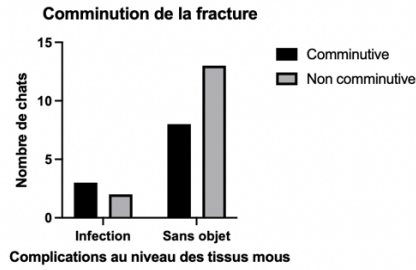
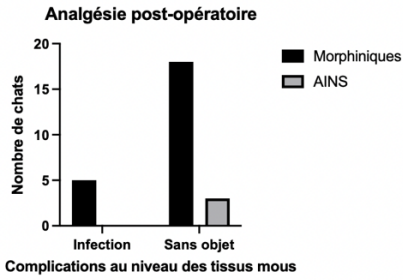
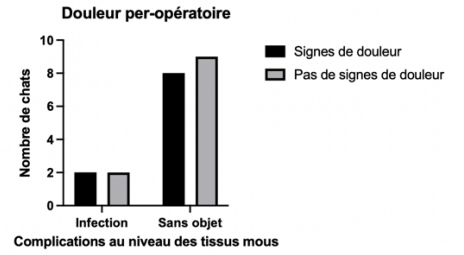
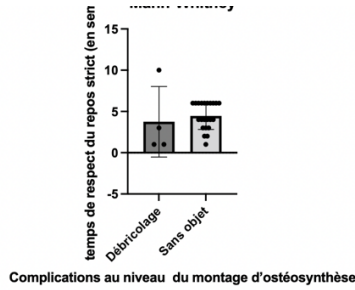
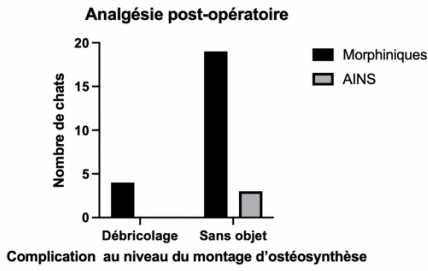


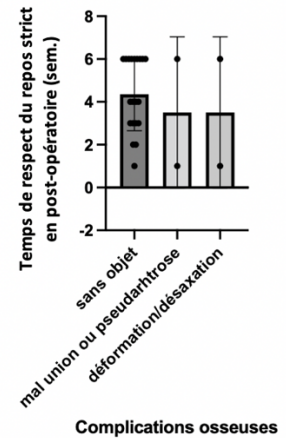
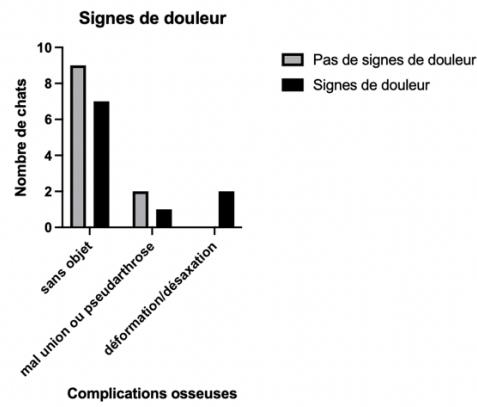
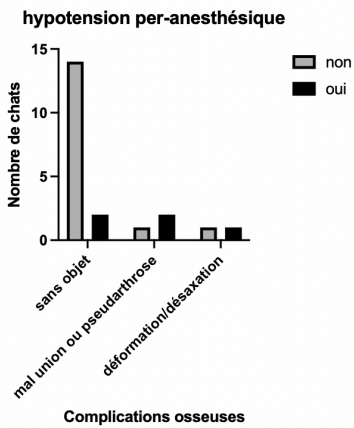
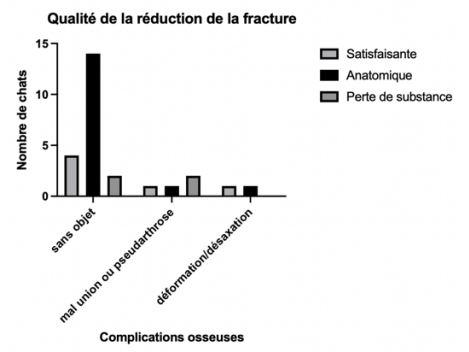
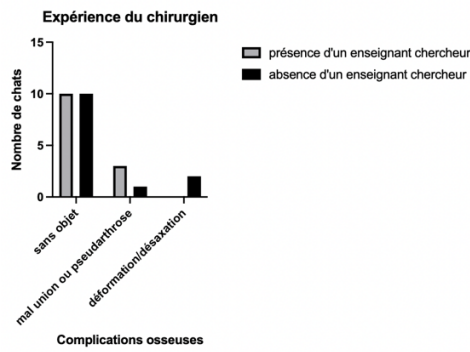
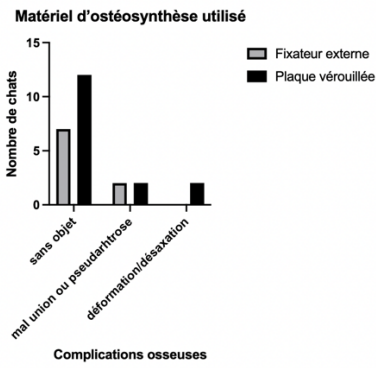
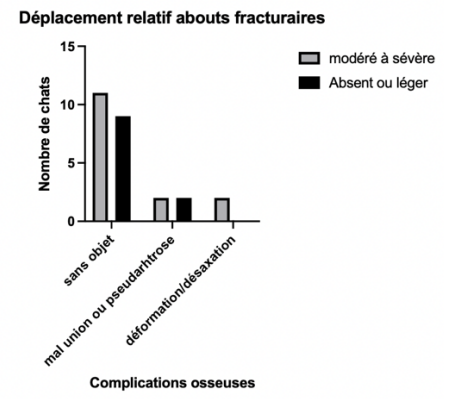
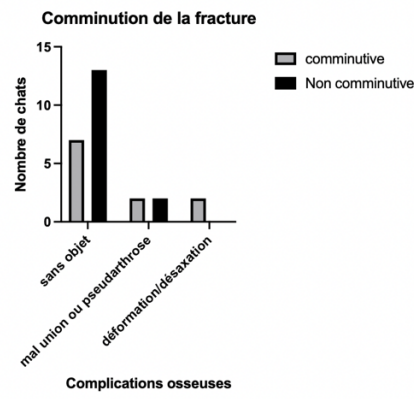
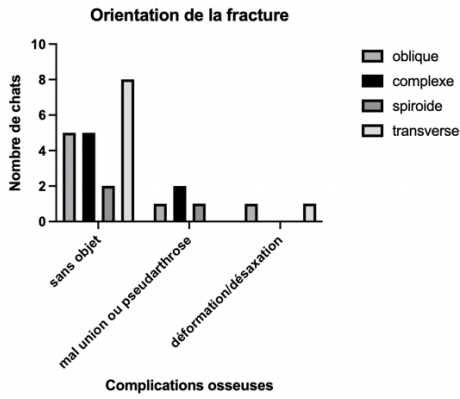




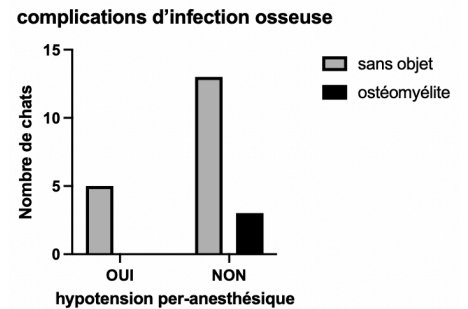
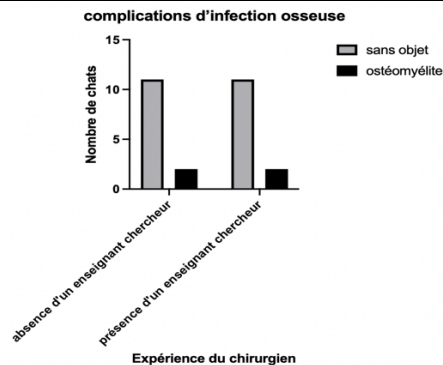
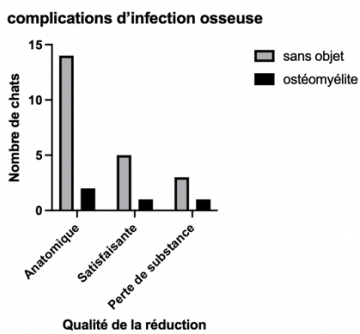
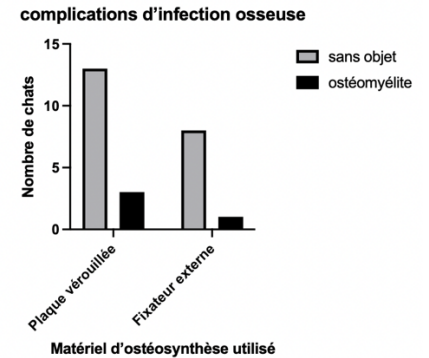
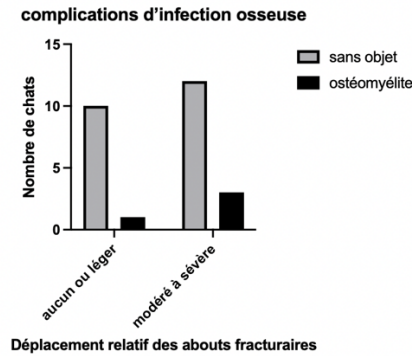
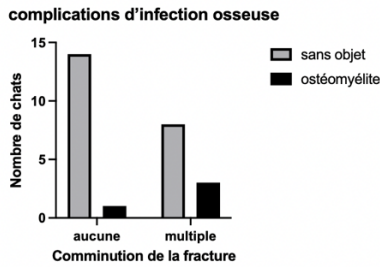
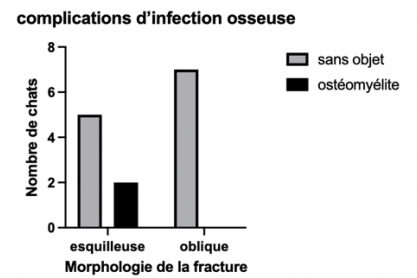
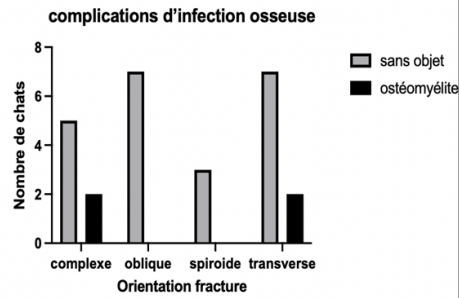
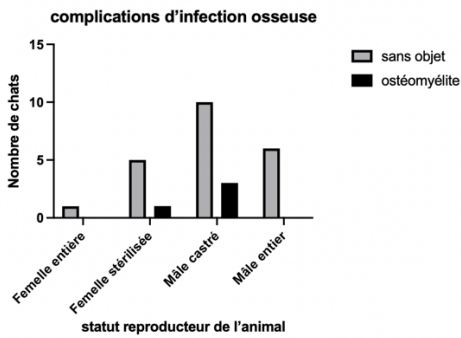
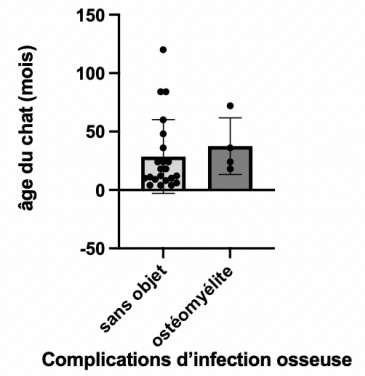
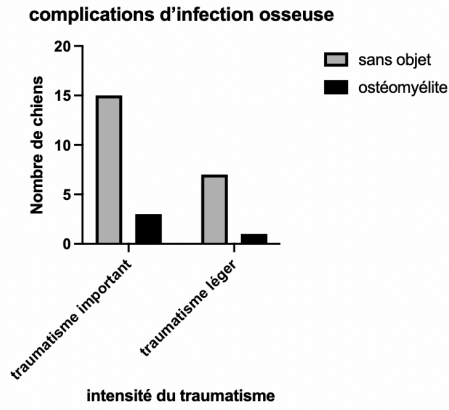
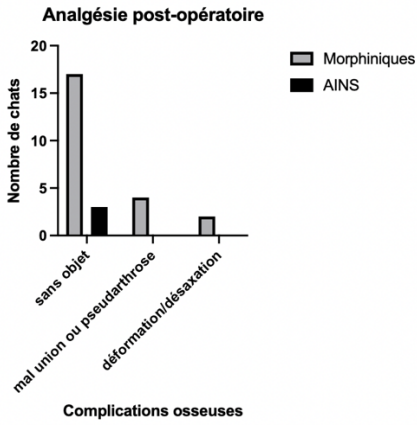




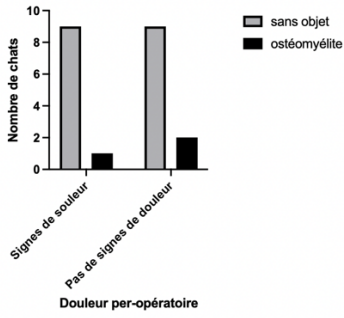




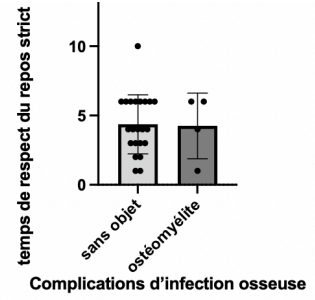
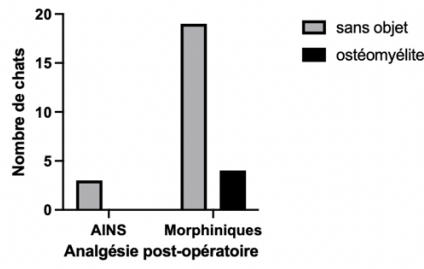




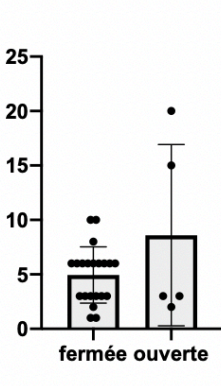
complications d'infection osseuse



complications d'infection osseuse

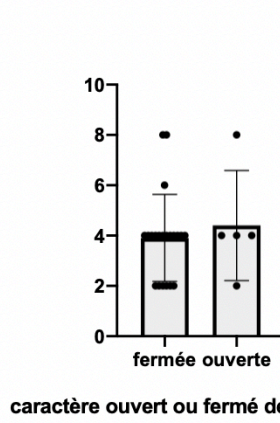


délai de reprise d'appui en post-chir



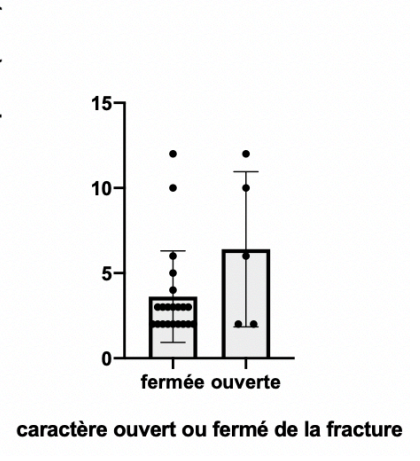
caractère ouvert ou fermé de la fracture

délai de mise en place du cal osseux (sem)

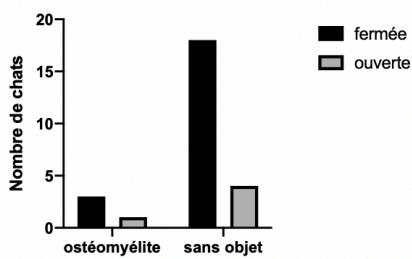


caractère ouvert ou fermé de la fracture

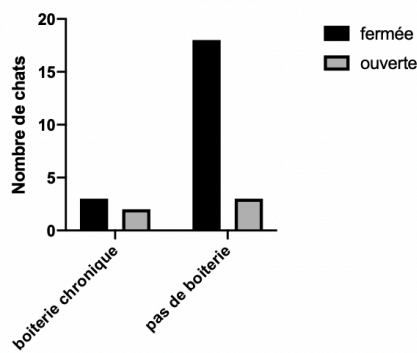
délai de cicatrisation osseuse complète (mois)



caractère ouvert ou fermé de la fracture



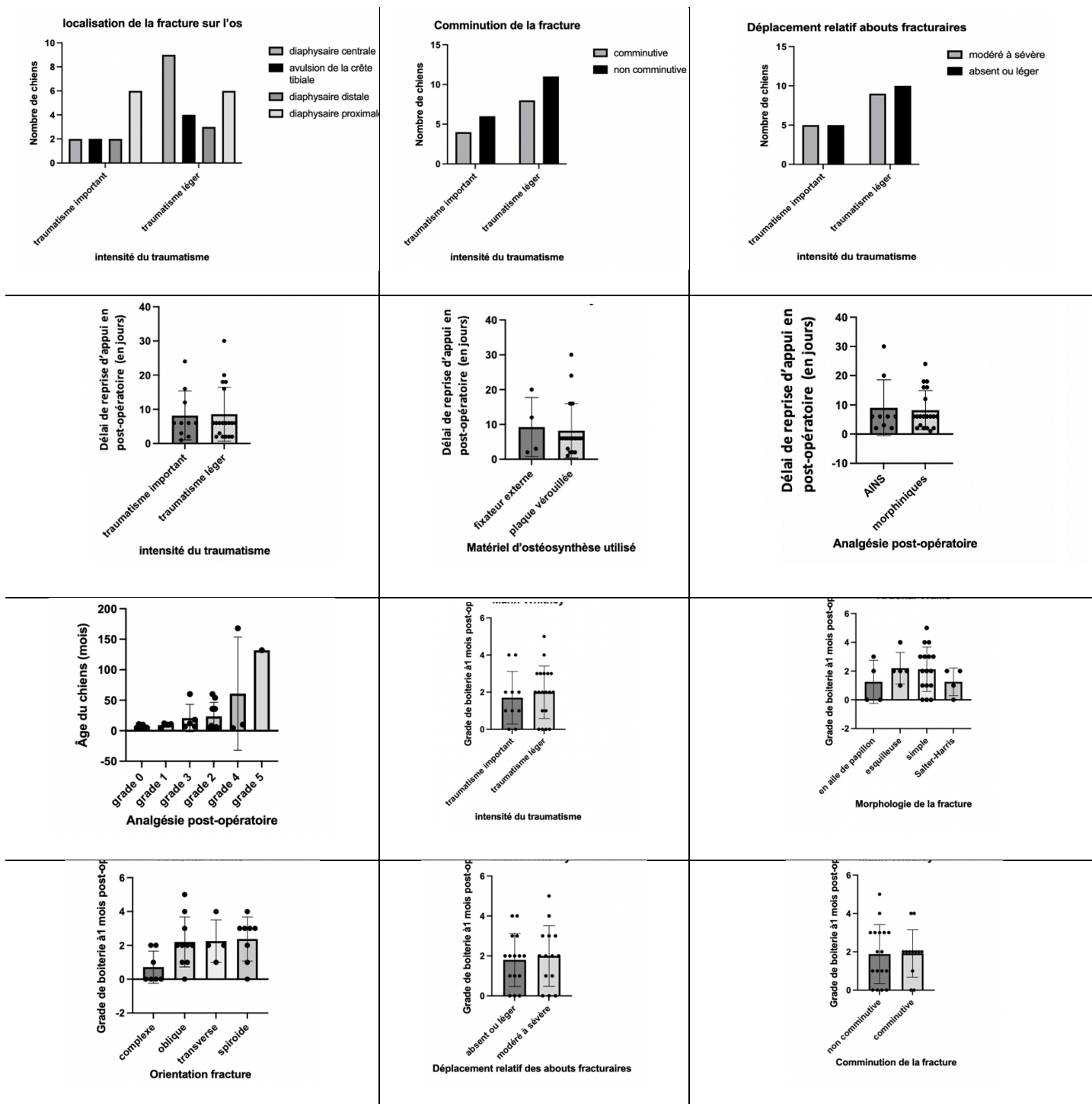
caractère ouvert ou fermé de la fracture



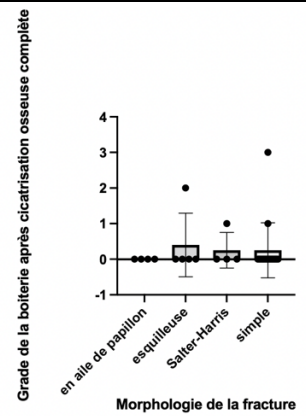
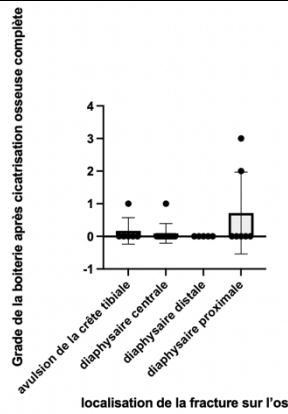
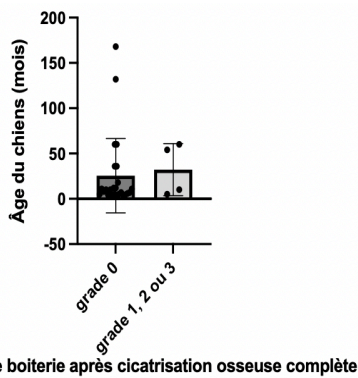
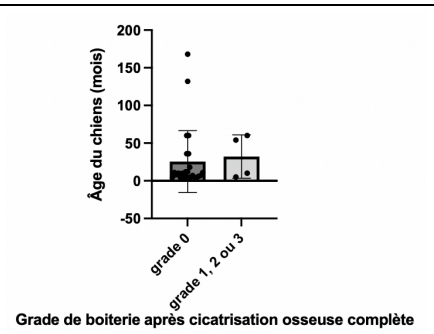
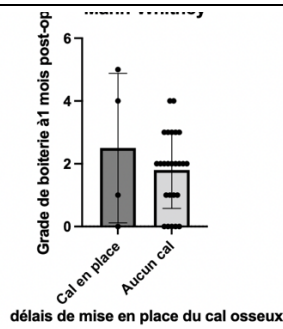
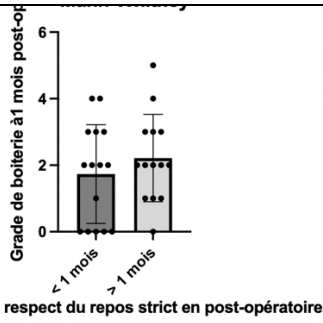
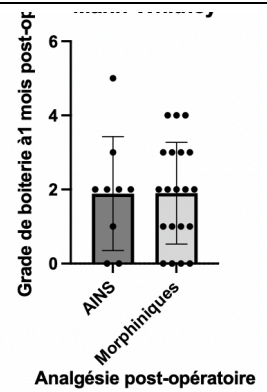
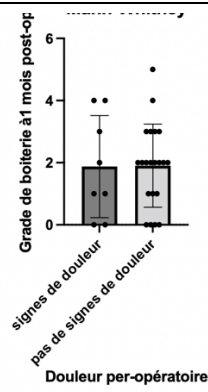
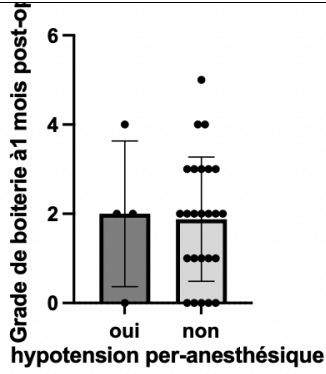
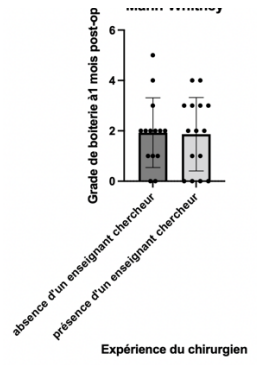
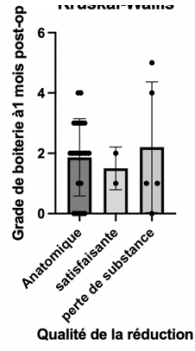
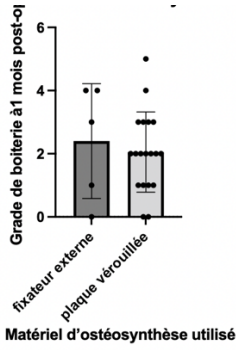


# Annexe 9 : Graphiques des tests statistiques chez les chiens

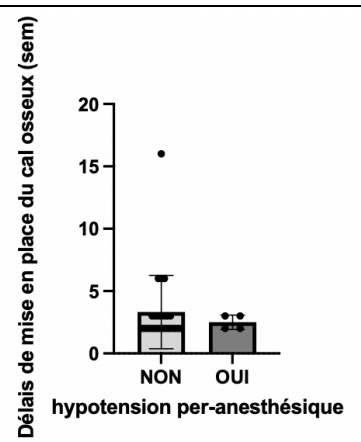
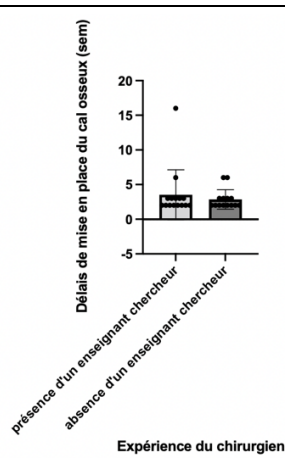
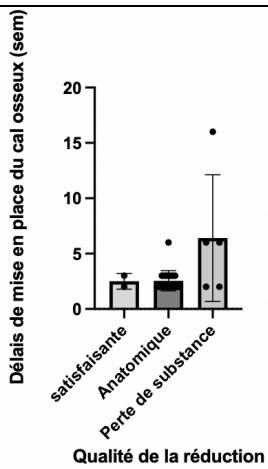
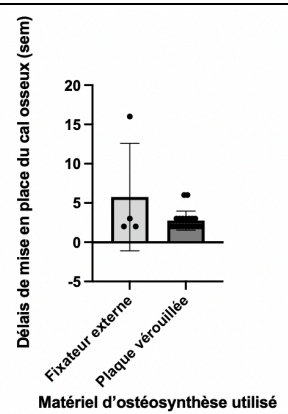
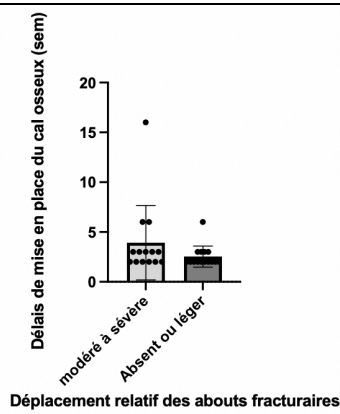
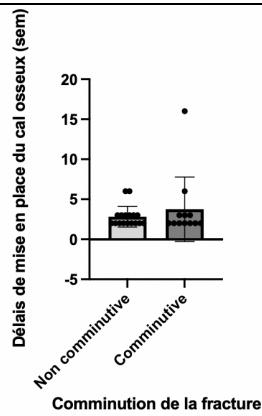
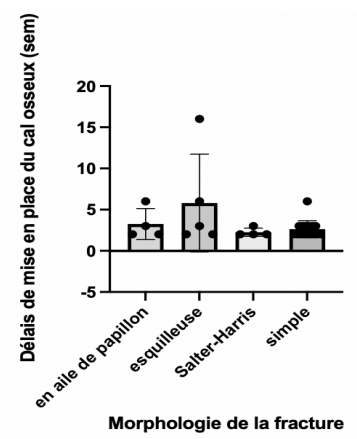
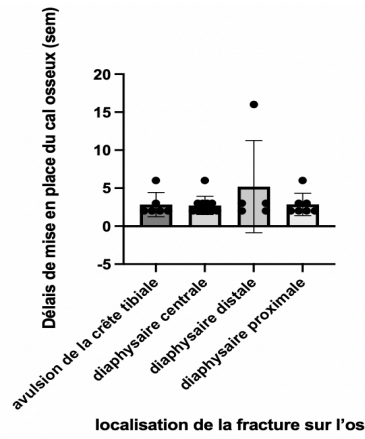
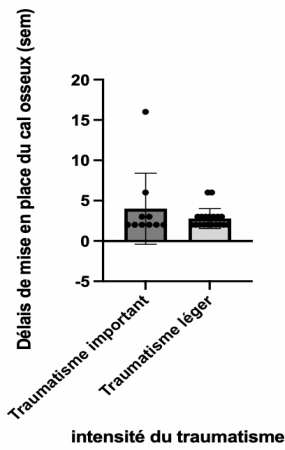
Tableau 21: Tableau regroupant les représentations graphiques des tests statistiques n'ayant pas donné de résultats significatifs ( $p > 0,05$ ) chez les chiens.



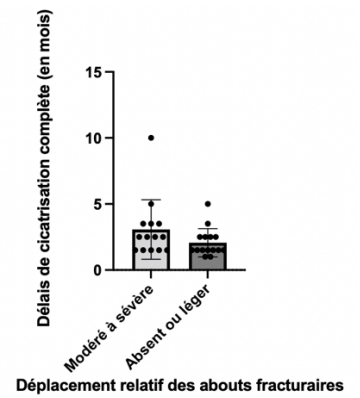
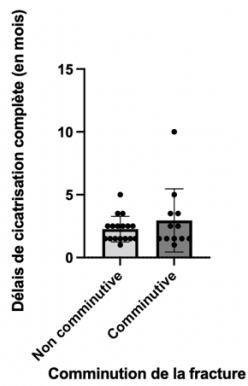
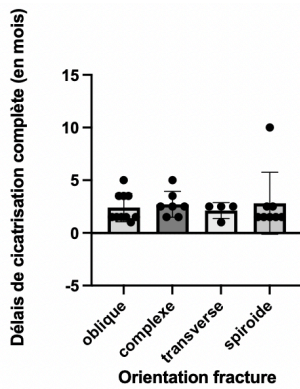
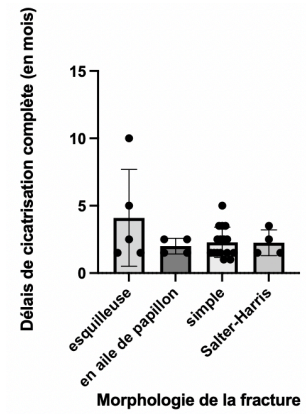
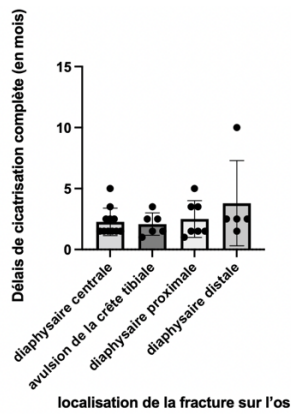
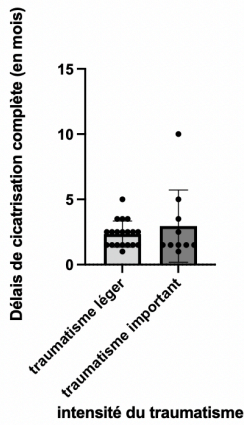
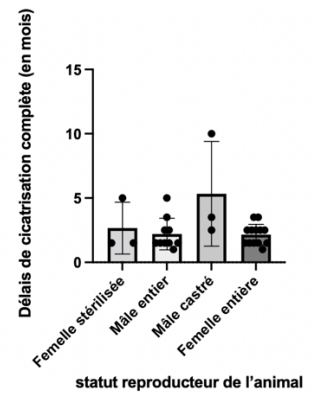
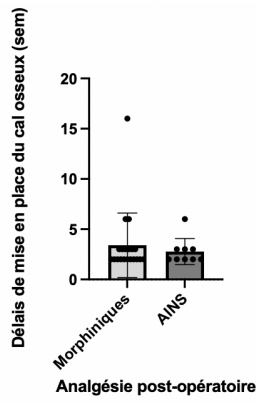
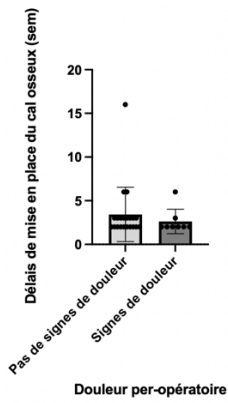


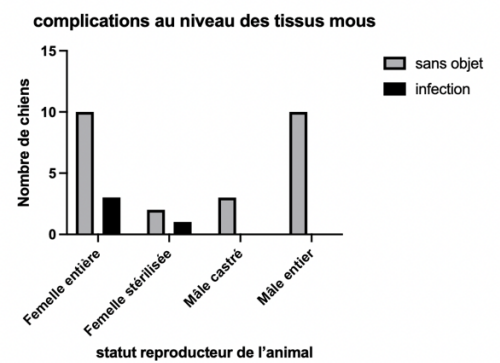
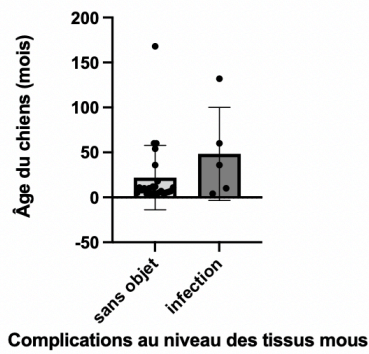
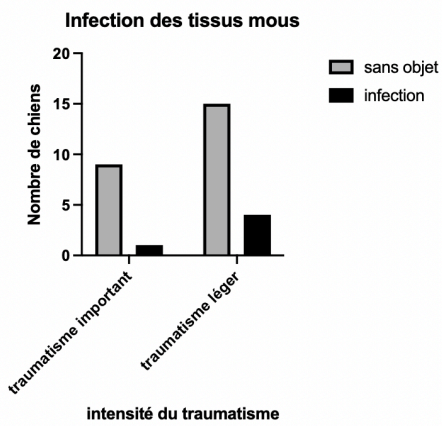
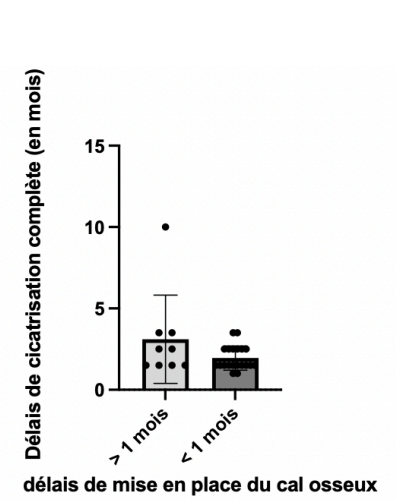
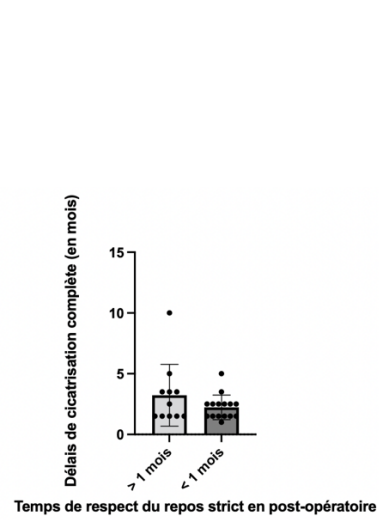
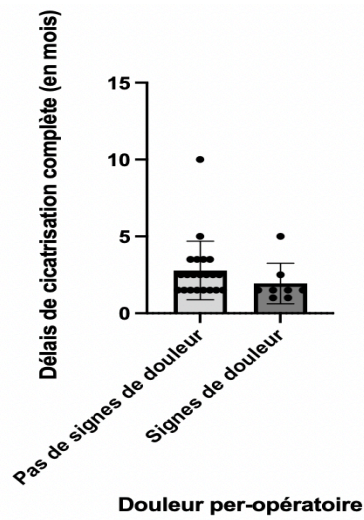
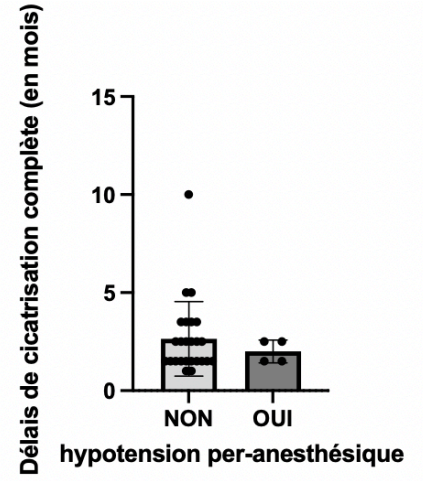
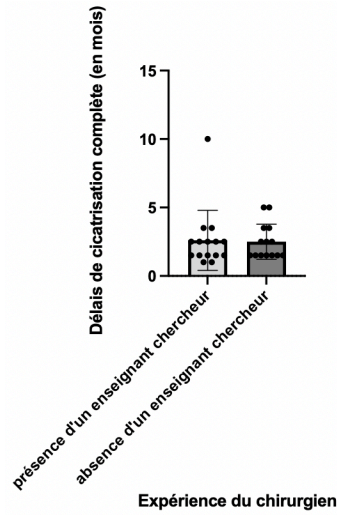
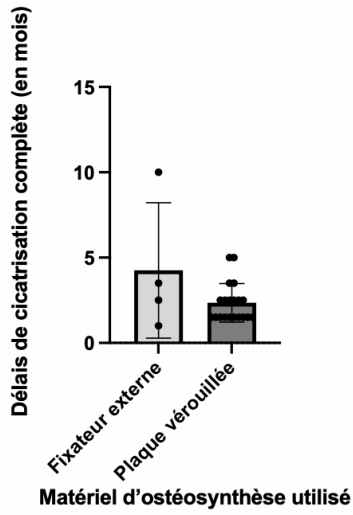


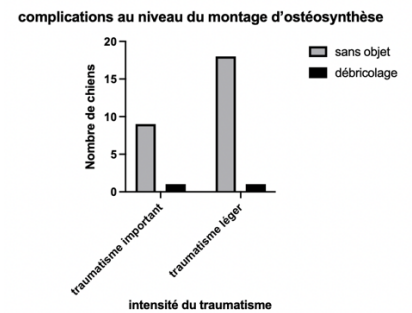
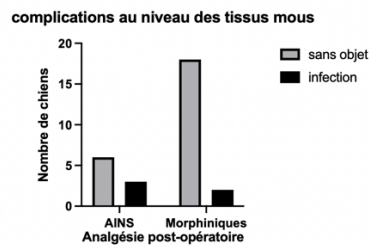
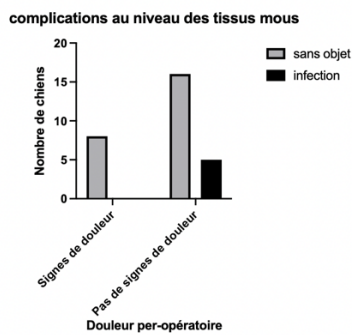
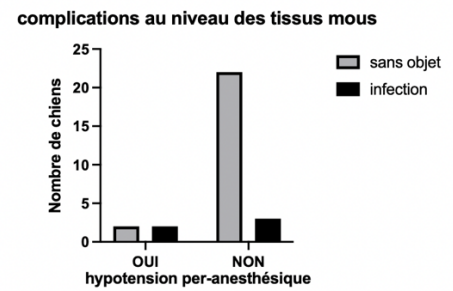
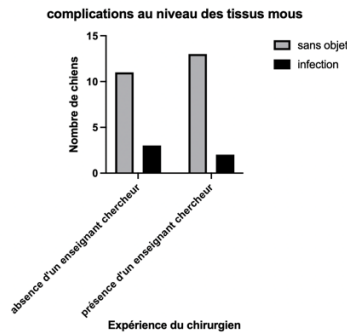
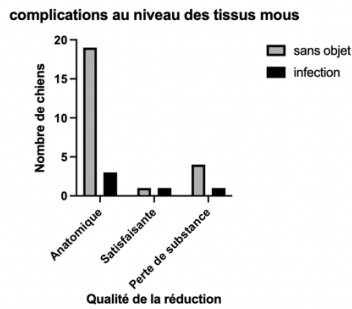
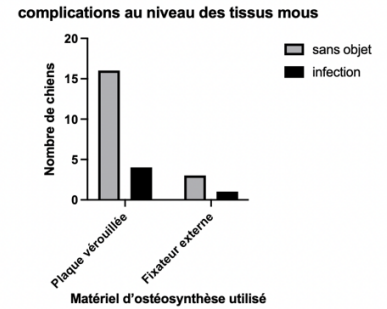
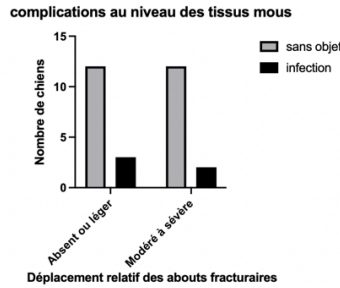
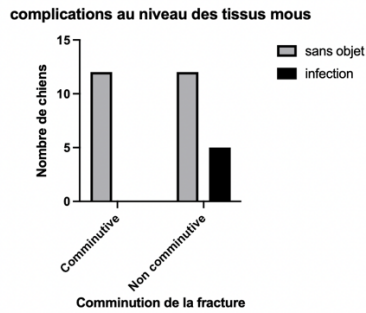
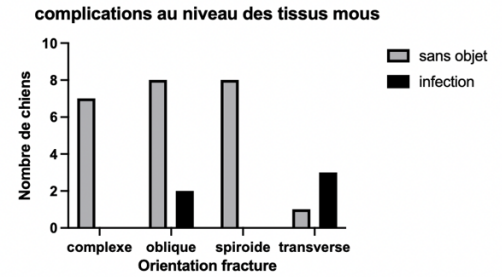
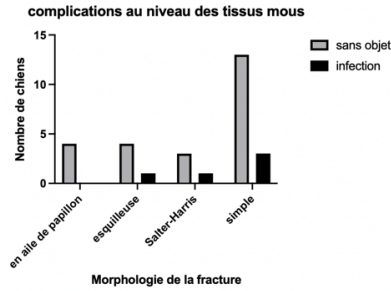
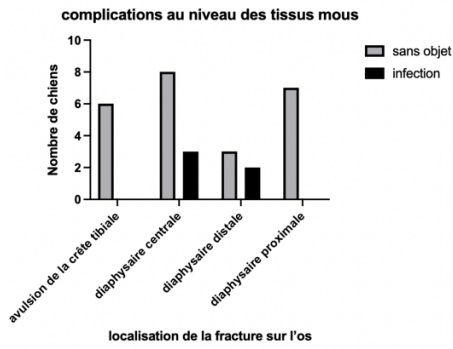




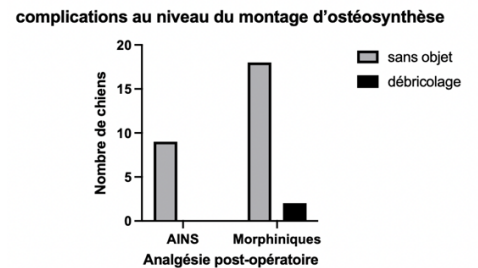
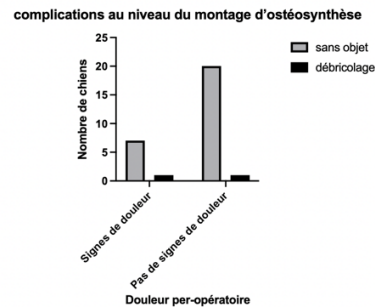
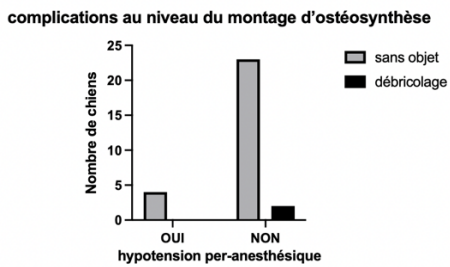
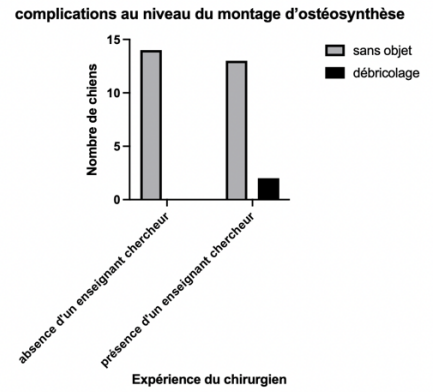
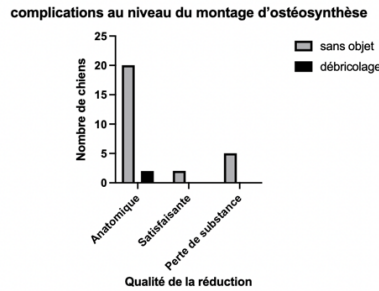
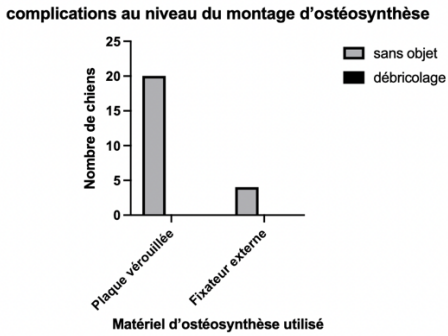
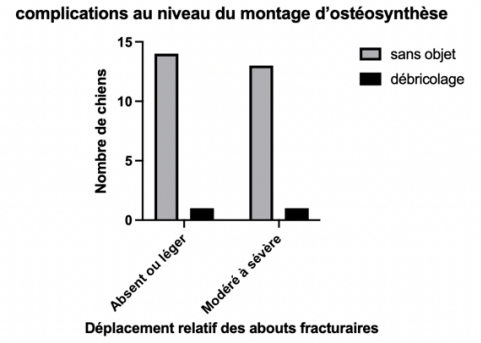
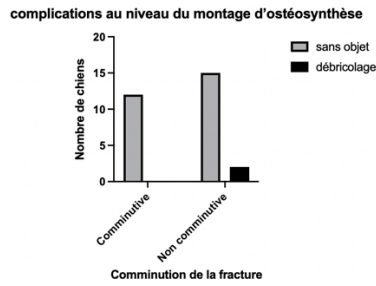
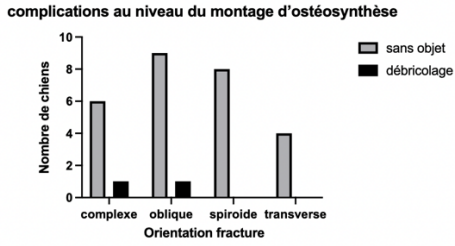
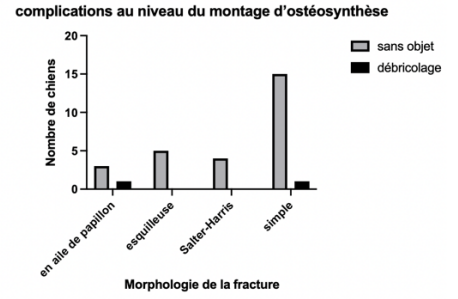
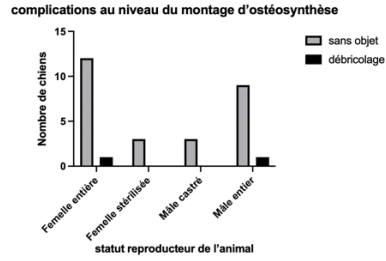
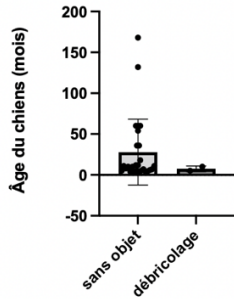


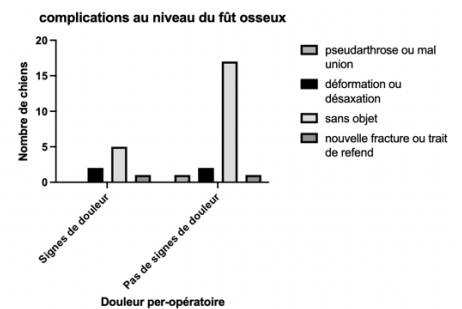
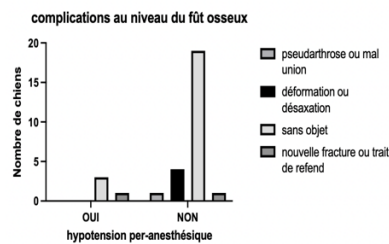
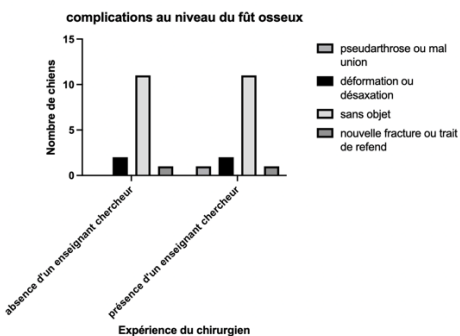
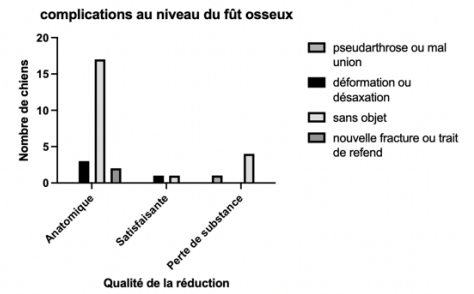
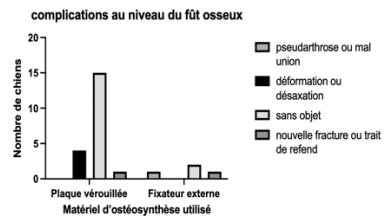
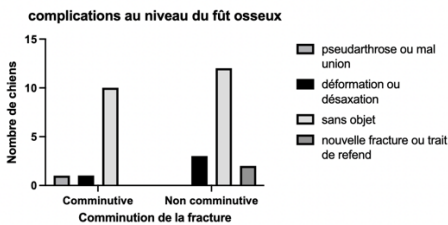
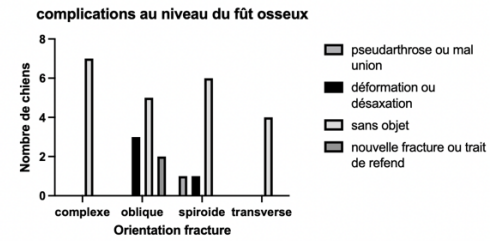
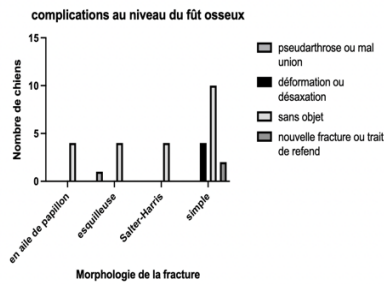
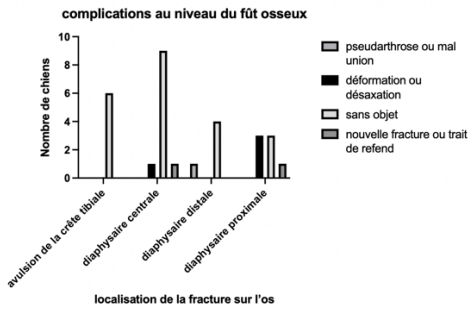
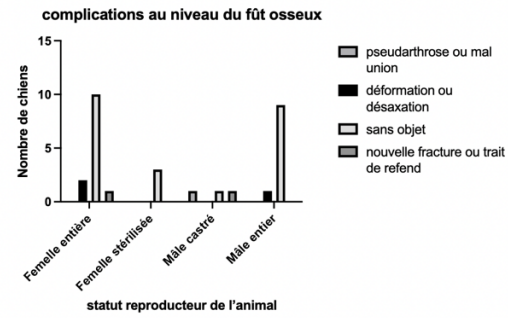
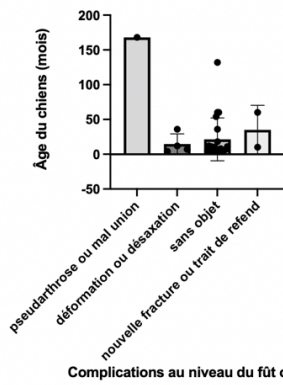
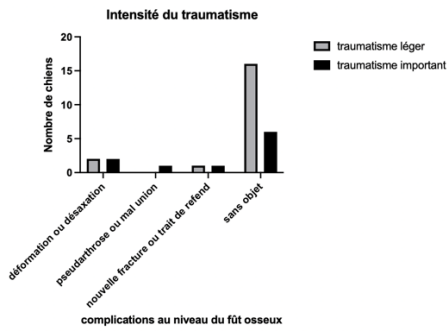


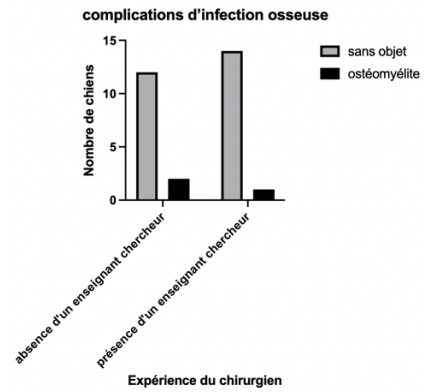
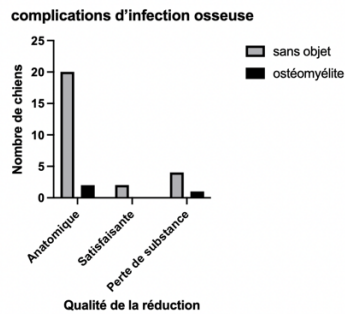
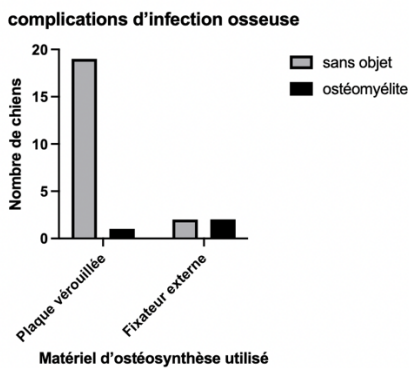
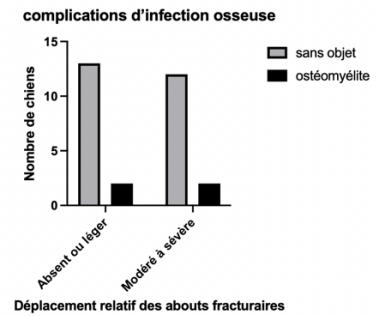
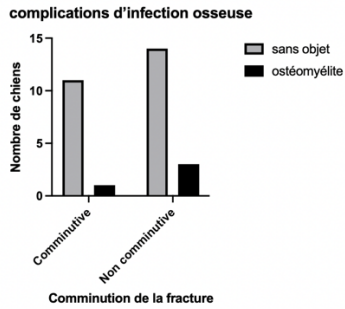
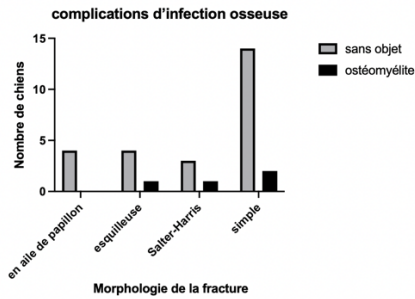
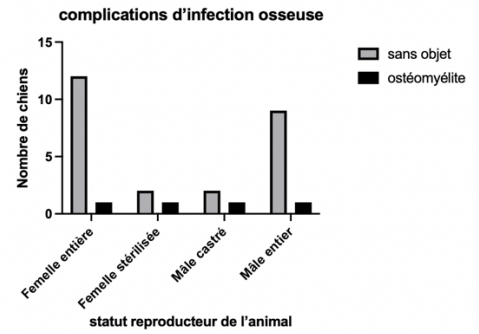
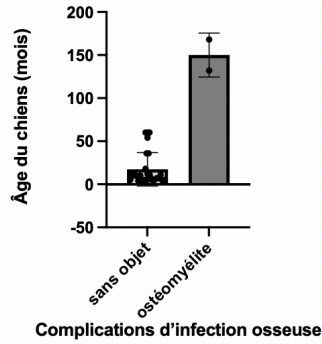
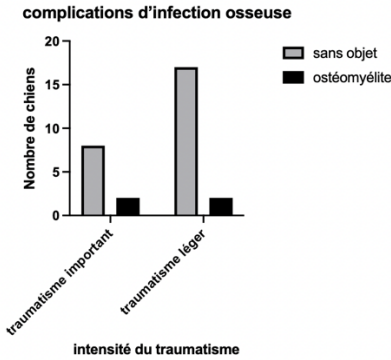
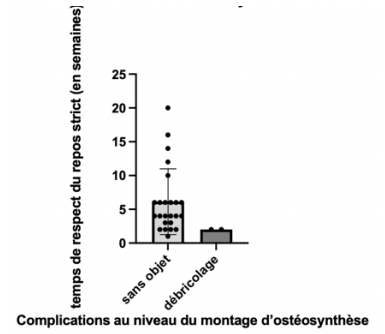
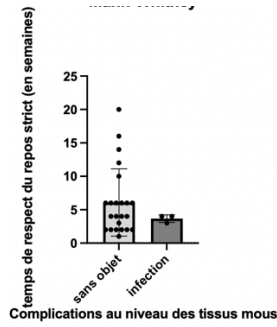
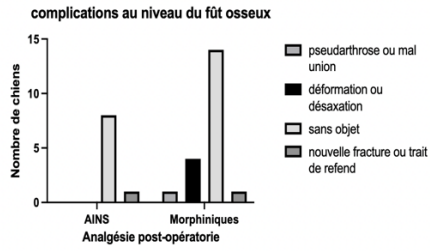






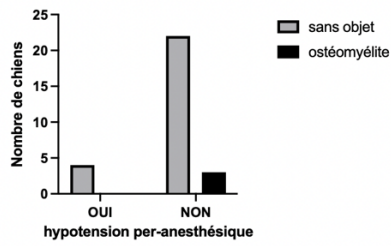




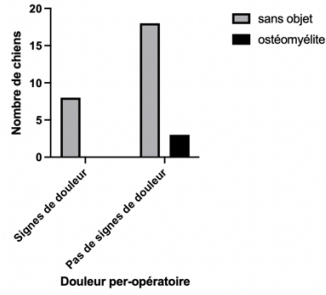




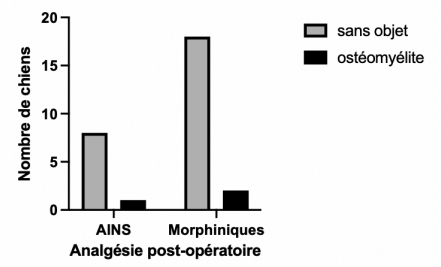
**complications d'infection osseuse**



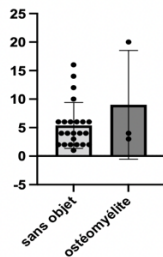
**complications d'infection osseuse**



**complications d'infection osseuse**

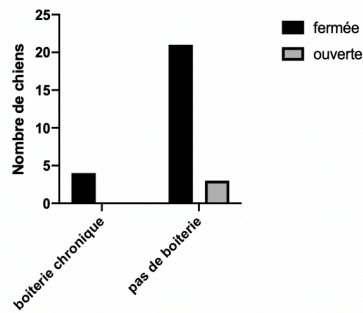


**temps de respect du repos strict (en semaines)**

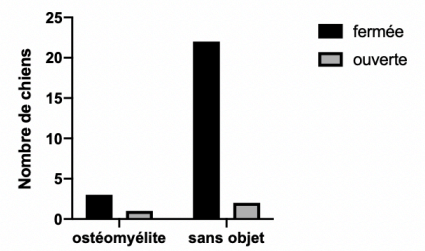


Complications d'infection osseuse

**caractère ouvert ou fermé de la fracture**

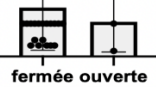


**caractère ouvert ou fermé de la fracture**



**délai de reprise d'appui en post-chir**

caractère ouvert ou fermé de la fracture



# LES FACTEURS DE RISQUE ASSOCIÉS AUX COMPLICATIONS OBSERVÉES SUR LES FRACTURES DU TIBIA TRAITÉES CHIRURGICALEMENT CHEZ LE CHIEN ET LE CHAT. ÉTUDE RÉTROSPECTIVE SUR 55 CAS : 29 CHIENS ET 26 CHATS

---

**AUTEUR : Camille LAROCHE**

## **RÉSUMÉ :**

Les fractures du tibia sont relativement courantes chez les chiens et les chats. La prédominance des traumatismes à haut degré d'énergie à l'origine de ces fractures est souvent responsable de fractures ouvertes et/ou comminutives. Par ailleurs, la faible couverture musculaire de cet os et, de ce fait, la vascularisation relativement peu développée de la zone en fait aussi l'une des fractures les plus sujettes aux complications à court, moyen et long terme et aux retards de cicatrisation osseuse.

La pierre angulaire de la prise en charge chirurgicale de ces fractures est la préservation du potentiel ostéogénique du foyer de fracture. L'objectif de l'étude a été d'évaluer les délais de cicatrisation et de récupération fonctionnelle ainsi que les complications de cicatrisation afin de faire ressortir des facteurs prédictifs de complications fracturaires chez les chiens et les chats parmi les caractéristiques de l'animal, de la fracture ou de la prise en charge péri-opératoire. Toutes nos observations ayant ensuite été comparées aux données peu nombreuses de la littérature.

Chez les 26 chats de l'étude, ont été recensées 23% de retard de cicatrisation osseuse et 69% de complications de la cicatrisation réparties sur 34% des chats (4 infections des tissus mous, 4 ostéomyélites, 2 déformations osseuses, 2 mal unions et 2 pseudarthroses et 4 débricolages de montage). Chez les 29 chiens, ont été recensés 11% de retard de cicatrisation osseuse et 55% de complications de cicatrisation réparties chez 48% des chiens (2 nouvelles fractures, 3 déformations ou désaxation osseuses, 1 pseudarthrose, 2 débricolages de montage, 4 ostéomyélites et 3 infections des tissus mous). Après cicatrisation osseuse complète, 4 chiens et 5 chats présentaient encore une boiterie. Les facteurs identifiés comme influençant la cicatrisation ont été l'âge et le statut reproducteur de l'animal, le caractère ouvert ou fermé de la fracture, la localisation de cette dernière sur l'os ainsi que son orientation, sa comminution et son déplacement, la stabilité du foyer de fracture après réduction, l'occurrence d'hypotension per-anesthésique et le délai de respect du repos strict en post-opératoire.

Le trop faible nombre de cas inclus dans l'étude n'a pas permis la réalisation d'analyses statistiques multivariées. Les facteurs de confusion persistants nuancent donc nos conclusions. Néanmoins, l'importante base de données constituée au cours de ce travail servira de base à la réalisation d'études ultérieures.

## **MOTS CLÉS :**

FRACTURE / TIBIA/ COMPLICATION / CHIEN / CHAT / ECOLE NATIONALE VETERINAIRE / ALFORT/ FACTEUR DE RISQUE/ TRAITEMENT CHIRURGICAL.

## **JURY :**

Président : Pr Mathieu MANASSERO

Directrice de thèse : Pr Véronique VIATEAU-DUVAL

Examineur : Pr Dominique GRANDJEAN

# **RISK FACTORS ASSOCIATED WITH COMPLICATIONS OBSERVED IN SURGICALLY TREATED TIBIAL FRACTURES IN DOGS AND CATS. RETROSPECTIVE STUDY ON 55 CASES: 29 DOGS AND 26 CATS**

---

**AUTHOR:** Camille LAROCHE

## **SUMMARY:**

Tibia fractures are relatively common in dogs and cats. The predominance of high-energy trauma causing these fractures is often responsible of open and/or comminuted fractures. Moreover, the low muscle coverage of this bone and, therefore, the relatively undeveloped vascularization of the area also makes it one of the fractures most prone to short, medium and long-term complications and to delayed healing.

The cornerstone of the surgical management of these fractures is the preservation of the osteogenic potential of the fracture site. The objective of the study was to evaluate the healing and functional recovery times as well as the healing complications, in order to highlight predictive factors of fracture complications in dogs and cats among the characteristics of the animal, fracture or perioperative management. All our observations were then compared to the few data in the literature.

Among the 26 cats in the study, 23% delayed healing and 69% healing complications were identified, distributed over 34% of the cats (4 tissue infections, 4 osteomyelitis, 2 bone deformities, 2 non unions and 2 pseudarthrosis and 4 disassembly of osteosynthesis). In the 29 dogs, 11% delayed bone healing and 55% healing complications were recorded, distributed among 48% of the dogs (2 new fractures, 3 bone deformities or misalignment, 1 pseudarthrosis, 2 disassembly, 4 osteomyelitis and 3 tissue infections). After complete bone healing, 4 dogs and 5 cats still showed lameness. The factors identified as influencing healing were the age and reproductive status of the animal, the open or closed nature of the fracture, the location of the fracture on the bone as well as its orientation, its comminution and its displacement, the stability of the fracture site after reduction, the occurrence of per-anaesthetic hypotension and the period of compliance with strict post-operative rest.

The too small number of cases included in the study did not allow the realization of multivariate statistical analyses. Persistent confounding factors therefore nuance our conclusions. Nevertheless, the large database compiled during this work will serve as a basis for carrying out subsequent studies.

## **KEYWORDS:**

FRACTURE / TIBIA / COMPLICATION / DOG / CAT / NATIONAL VETERINARY SCHOOL / ALFORT / RISK FACTOR / SURGICAL TREATMENT.

## **JURY:**

Chairperson: Pr Mathieu MANASSERO

Thesis Director: Pr Véronique VIATEAU-DUVAL

Reviewer: Pr Dominique GRANDJEAN